

Oecon.

857. ^{yc}_f

Oecon. 857 ~~7C~~

Hilgard

21. Juli

Bayerische Staatsbibliothek



<36646207810014



UEBER DEN
EINFLUSS DES KLIMAS
AUF DIE
BILDUNG UND ZUSAMMENSETZUNG
DES BODENS.

NACH EINEM AN DAS METEOROLOGISCHE BUREAU DES
ACKERBAUMINISTERIUMS DER VER. STAATEN
GERICHTETEN BERICHT

UEBERSETZT UND NEU BEARBEITET

VON

DR. EUGEN W. HILGARD,

PROFESSOR DER AGRIKULTURCHEMIE AN DER STAATSUNIVERSITÄT VON CALIFORNIEN
UND DIRECTOR DER CALIFORNISCHEN VERSUCHSSTATION.



HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1893.

Separatabdruck aus: Forschungen auf dem Gebiete der Agrikultur-Physik
(Zentralblatt für Bodenphysik, Agrar-Meteorologie und Pflanzenphysik).

Herausgegeben von Professor Dr. E. Wollny in München.
Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg.



V o r w o r t.

Bei der nachfolgenden allgemeinen Besprechung der Beziehungen zwischen Klima und Bodenbildung — den zwei Faktoren, an welche die Erzeugung der nothwendigsten Lebensbedürfnisse sich knüpft — macht sich die Dürftigkeit der auf diese theoretisch ebenso interessante als auch für die Praxis wichtige Frage bezüglich Daten sehr empfindlich fühlbar, Niemandem mehr als dem Verfasser selbst, der während des größten Theiles seiner Wirksamkeit das Studium der Böden mit Vorliebe verfolgt hat. Die Schwierigkeiten solcher Untersuchungen sind an sich schon groß genug; aber die merkwürdige Oberflächlichkeit, die Seltenheit systematischer Beobachtung, die weite und dünne Verbreitung der bezüglich Daten in Werken aller Art — Reisen, Geographie, Statistik, Berichte über meteorologische, geologische, topographische, botanische und andere Arbeiten, und hie und da etwas in Enzyklopädieen und verschiedenen technischen Handbüchern, machen selbst die Zusammenstellung des Materiales äußerst schwierig und zeitraubend. Es ist daher zu erwarten, daß in diesem ersten Versuch einer solchen Zusammenstellung und Besprechung sich viele Lücken finden werden, die vielleicht bei größerem Zeitaufwand und dort, wo stets größere Bibliotheken zu Gebote stehen, verschwinden würden.

Die Vernachlässigung, welche diese praktisch so wichtige Seite der chemischen Geologie bis jetzt erfahren hat, wäre schwerverständlich, wenn nicht wenigstens zwei augenscheinliche Faktoren — ein historischer und ein in dem Wesen begründeter — uns vorlägen. Historisch ist es eine bedauerliche Thatsache, daß besonders die chemische Bodenuntersuchung in der ersten Hälfte des Jahrhunderts wegen Enttäuschung überspannter Hoffnungen hinsichtlich ihrer praktischen An-

wendung eine Schlappe davongetragen hat, deren Nachwehen noch jetzt kaum verwunden sind und sich von Zeit zu Zeit noch in einem diktatorischen «non possumus» Luft machen. Es scheint aber doch an der Zeit, daß die althergebrachten Vorurtheile einer vernünftigeren Berücksichtigung der bewiesenen Thatsachen Platz geben. Die chemische Bodenanalyse kann allein nicht Alles in's Reine bringen; aber ohne sie wird sowohl der Agrikulturchemiker wie der Landwirth noch lange im Dunkeln tappen, und der Fortschritt der rationellen Landwirthschaft verzögert werden. Für die Besiedelung neuer Gebiete, wo die jungfräulichen Böden mit voller Sicherheit auf diesem Wege zur Beurtheilung kommen können, ist die Unterlassung derartiger Untersuchungen zur Leitung der Interessenten kaum verzeihlich.

Ein nicht zu unterschätzendes Element, das zu jener Vernachlässigung beigetragen hat, ist die innewohnende Schwierigkeit solcher Untersuchungen, und die Wahrscheinlichkeit, daß man mit gleichem Aufwand von Arbeit und Geduld auf anderen Gebieten leichter wissenschaftliche Lorbeeren verdienen könne. Wer sich damit befassen will, muß überdies auf breiterer wissenschaftlicher Grundlage fußen, als heutzutage meistens auf dem Programm unserer jungen Fachmänner steht. Die außerordentliche Schwierigkeit, für die landwirthschaftlichen Aufnahmen größerer Gebiete die geeigneten Kräfte zu finden, auch wo sonst die Mittel zu Gebote stehen, hat der Verfasser in schmerzlicher Weise erfahren. Es liegt hier ein unbesetztes Gebiet vor, wie es in den technischen Wissenschaften nur wenige giebt; und wenn diese Schrift den Anlaß zu dessen eingehender Bearbeitung durch tüchtige Kräfte geben sollte, so wird einer ihrer Hauptzwecke erreicht worden sein.

Der Verfasser.

Inhalts-Verzeichniß.

	Seite.
I. Die Prozesse der Bodenbildung	1
Physikalische und mechanische Agentien: Temperaturwechsel; gefrierendes Wasser; Gletscher; fließendes Wasser; Wind .	2
Chemische Agentien: Wasserlösung; chemische Bindung des Wassers; Kohlensäure; Sauerstoffbindung	5
Verwitterung und Brache	6
II. Klassifikation der Bodenarten	6
Sedentäre oder rückständige; transportirte: kolluviale, alluviale und äolische Böden	6
Physikalische Bodenbestandtheile und auf diesen beruhende Bodenklassen	8
Klimatische Faktoren , welche die Bodenbildung beeinflussen	9
Temperaturverhältnisse	9
Einfluß der Regenmenge; Auslaugung des Landes; Zusammen- setzung des Meerwassers; unzulänglicher Regenfall	10
III. Einfluß klimatischer Faktoren auf die physikalische oder mechanische Natur des Bodens	13
Einfluß humider und arider Klimate auf die Thonbildung	14
Vorherrschen thonarmer Böden in ariden Klimaten; falsche Be- urtheilung derselben; Analysen von Staubböden; reiche Böden; «Adobe»	15
Große Tiefe dieser Böden	18
Einfluß klimatischer Bedingungen auf die Humusbildung	20
Eremakausis versus Torfbildung; Humus der Ackererden; «Duff» der nordwestlichen Urwälder	21
Die Humusbildung in der ariden Region	22
IV. Einwirkung klimatischer Bedingungen auf die chemischen Prozesse der Bodenbildung und Zusammensetzung	25
Der Auslaugungsprozeß	25
Löslichkeit des Kalkkarbonats	25
Anhäufung desselben in den Böden arider Landstriche	27

	Seite.
Vergleichung der Böden der ariden und humiden Region Nord-	
amerikas	28
Auswahl der Daten; analytische Methoden	28
Ausschließung der Böden aus Kalkformationen	28
Litteraturnachweise	32
Tabelle der Analysen	33
Diskussion der analytischen Resultate	34
Der Kalk	34
Anhäufung desselben in Thalböden und Untergrund	34
Die Vegetation des Hügellandes und der Thäler in den ariden	
und humiden Regionen; Kalk versus Feuchtigkeit	35
Bildung von Kalktuff im Untergrund	36
Die Magnesia; verhält sich dem Kalk ähnlich	37
Der «unlösliche Rückstand»; bedeutsame Unterschiede	38
Lösliche Kieselsäure und Thonerde; Thonerdehydrat im	
Boden	39
Analyse einer Thonsubstanz	40
Zeolithbildung in den ariden Regionen; Wichtigkeit derselben	41
Eisengehalt; rothe Böden	43
Mangan	44
Phosphorsäure	44
Schwefelsäure	45
Kali und Natron in den Böden der ariden und humiden Regionen	45
Beziehungen zur Kaolinbildung	46
Allgemeine Bildung der Alkaliböden in regenarmen Ländern	47
Die Bodenarten der Tropen; schroffer Gegensatz zwischen Laterit-	
und Alkaliböden	48
Hohe Produktionsfähigkeit der Alkaliböden unter rationeller Kultur	50
V. Die Alkaliböden der ariden Regionen	51
Klimatische Begrenzung der Alkaliböden	52
Die Alkaliböden Kaliforniens	53
Regenfall des kalifornischen Zentralthales	53
Alkaliböden Oregons und Washingtons; Beweis der Wichtigkeit	
der hygroskopischen Feuchtigkeit für die Vegetation	54
Alkaliböden Montanas	55
Alkaliböden Indiens; große Ausdehnung; mangelnde Daten Ver-	
theilung der Regen in Nordindien; im Dekkan	57
Nutzlosigkeit der Ueberfluthung	58

	Seite.
Reh und Kankar. Wirkung der Bewässerungskanäle	58
Unerschöpfliche «Regurböden» des Dekkan; kalifornisches «Adobe»	59
Alkaliböden anderer Länder	60
Salzsteppen Innerasiens; Löß Chinas; Nilschlamm und Lößstaub	60
Die Campos und Pampas Südamerikas	62
Salpeterbildung in Bolivia und Nevada	62
Australische Alkaliböden; wenig bekannt	63
Europa — die Szekfelder Ungarns; lange bekannt, wenig untersucht	63
Regenfall der Theißebe; geologische Beschaffenheit	64
Szek- oder Salzböden; Szik- oder Sodaböden	65
Aehnlichkeit mit andern Alkaliböden; Werth und Meliorations- fähigkeit	68
Zusammensetzung der Alkalisalze verschiedener Kontinente.	
Tabellen	69
Vorwiegende Bestandtheile	72
«Weißes» und «schwarzes» Alkali; Wirkung der Soda auf Thon- böden und Vegetation: Merkmale der Sodaböden	72
Accessorische Bestandtheile: Kalisalze, Nitrate, Phosphate . . .	73
Salpeterbildung in ariden Regionen	74
Die Bildungsweise der natürlichen Soda	76
Brandes 1826; Alex. Müller 1855	76
Wesen des Prozesses. Einfluß warmer Klimate auf denselben	77
Die Melioration der Alkaliböden	79
Zunahme der Salze durch Bewässerung; Erklärung	79
Auffüllung des Landes; Kalifornien, Indien	81
Auswaschung durch Drainirung; Nachtheile	82
Gegenmittel ohne Drainirung; Verhinderung der Verdunstung und Verkrustung	82
Wirkungen der Soda; Nothwendigkeit der Neutralisirung . . .	83
Wirkung des Gypses; chemisch, physikalisch	85
Kalktuff im Untergrund; Wirkung desselben auf das Alkali . .	87
Zerstörung der Tuffschicht durch Sprengen	89
Meliorationsversuche in Indien	89
Die alten Kulturvölker und die ariden Regionen	91



Ueber
den Einfluß des Klimas auf die Bildung und
Zusammensetzung des Bodens.

Da die Böden das rückständige Produkt der Einwirkung meteorologischer Agentien auf die Gesteine sind, so müssen offenbar mehr oder weniger innige Beziehungen zwischen den Böden irgend einer Region und deren klimatischen Verhältnissen, sowohl in vergangenen als gegenwärtigen Zeiten, stattfinden. Es sollen in dieser Abhandlung die wichtigsten der bezüglichen Erscheinungen, soweit vorhandene Daten dies erlauben, sowohl theoretisch als auch in ihrer praktischen Bedeutung hinsichtlich des landwirthschaftlichen Charakters der wichtigsten klimatischen Abtheilungen besprochen werden.

Um diese Besprechungen aber auch für einen weiteren Leserkreis verständlich zu machen, scheint es geboten, zuerst in möglichster Kürze die hauptsächlich bei der Bodenbildung betheiligten Agentien zu betrachten.

I. Die Prozesse der Bodenbildung.

A. *Physikalische und mechanische Agentien.* Die hauptsächlichsten physikalischen und mechanischen Einwirkungen, durch welche die Gesteine angegriffen werden, sind, der gewöhnlichen natürlichen Reihenfolge nach, die folgenden:

1) Wirkung einfacher Temperaturwechsel, welche die verschiedenen Mineralien, aus welchen die meisten Gesteine zusammengesetzt sind, in verschiedenem Grade oder nach verschiedenen Richtungen ungleich ausdehnen oder zusammenziehen. Hiedurch wird der Zusammenhang der Gesteinsmasse, besonders an der Oberfläche, nach und nach geschwächt, und es bilden sich feine Risse, die dann der Luft und dem Wasser sowie auch feinen Wurzelfasern den Zutritt gestatten.

2) Wirkung gefrierenden Wassers, durch dessen unwiderstehliche Ausdehnung jene feinen Risse noch mehr erweitert werden und im Falle größerer Risse oder Spalten selbst Felsblöcke in Stücke gerissen werden können. Hierdurch wird die angreifbare Oberfläche vergrößert, auch die Verschleppung des Gesteines erleichtert, sei es durch Schwerkraft (Herabrollen), Wasser (Verschwemmung) oder Wind.

3) Wirkung sich bewegenden oder fließenden Eises (Gletscherwirkung). Obgleich die vergletscherte Erdoberfläche jetzt vergleichsweise nur geringe Ausdehnung besitzt, so ist doch die mächtige abschleifende und zermalmende Arbeit der Gletscher so wirksam und kann sich das gebildete feine Gesteinspulver so rasch in Ackererde verwandeln, daß auch noch jetzt der Gletscherwirkung hohe Wichtigkeit zukommt. In nicht sehr entfernten geologischen Perioden hingegen waren außerordentlich große Landflächen völlig vergletschert, und diese sind jetzt größtentheils von Bodenarten bedeckt, die der vereinigten oder aufeinanderfolgenden Thätigkeit des Eises und des daraus gebildeten Wassers ihr Entstehen verdanken.

Die Gesteinstrümmer, die auf den Oberflächen der Gletscher fortgeführt werden (Moränen), sind im höchsten Grade der Einwirkung häufiger und schroffer Temperaturwechsel unterworfen; sie werden während klarer Tage von den durch die dichteren Luftschichten nicht geschwächten Sonnenstrahlen intensiv erhitzt, während der Nacht aber stets wieder zur Frostkälte abgekühlt. Diese bedeutenden Temperaturschwankungen begünstigen in hohem Grade den Zermalmungsprozeß, der theils auf der Oberfläche selbst, theils in der Eismasse (in den Gletscherspalten), theils auch an deren Grundfläche stattfindet. Die letztere beschlägt sich nach und nach mit scharfen Steinstückchen, welche den untenliegenden Felsgrund abreiben und in denselben tiefe Kritze einschneiden. Es kennzeichnen sich daher die Gletscherströme stets durch die große Menge sehr feinen Gesteinspulvers (Gletschermehl), welche dieselben selbst auf weite Entfernungen von ihrem Ursprung mit sich führen.

4) Die Wirkungen fließenden Wassers sind zweifellos in der Jetztzeit die mächtigsten mechanischen Agentien der Bodenbildung. Abgesehen von der oberflächlichen Verschwemmung loser Gesteinsmassen auf kurze Entfernungen, finden die Wirkungen der Bäche und Ströme, sowie auch des Wellenschlages am Strande der Seen und des Meeres, in unge-

heurem Maßstabe statt und sind von höchster Wichtigkeit. Die von Gletschern und Abhängen hineingerollten oder von den Ufergebilden ausgewaschenen Steine wirken nicht nur auf rasche Vergrößerung (Erosion) des Strombettes hin, sondern schleifen, zerreiben und zermalmen sich gegenseitig und bilden so eine große Menge des dem Gletschermehl theilweise ganz ähnlichen Gesteinspulvers, das aber natürlich eine weit größere Mannigfaltigkeit der Bestandtheile zeigt, weil es von weit größeren Oberflächen her stammt. Diese Bestandtheile lassen sich in den gröberen Absätzen, wie Sand, Gras, Schotter u. s. w., mit bloßem Auge erkennen, sind aber in frischen Anschwemmungen auch in den feinsten Theilen noch durch das Mikroskop zu bestimmen. Die Feinheit der Absätze wechselt natürlich im Verhältniß zu der Geschwindigkeit und dem Volum des betreffenden Wassers; nur in verhältnißmäßig stillem Wasser, wie in Seen oder Sümpfen, kann sich in der Regel Thonboden absetzen.

Solche angeschwemmte oder «Alluvialböden» haben gewöhnlich einen mehr oder weniger verallgemeinerten, nicht stark gekennzeichneten Charakter; während die nur verschleppten oder «Kolluvialböden» des Hügellandes und der Abhänge in der Regel mehr oder weniger eigenthümlich sich zeigen, weil sie in ihrer Bildung örtlichen Einflüssen unterliegen.

5) Endlich kommt noch die Wirkung des Windes in Betracht, welchem von Einigen außerordentlich weitgreifende Bildungen zugeschrieben werden, die nach Andern wesentlich dem Wasser zuzuschreiben sind. Es kann hinsichtlich der Wichtigkeit des Windes und der Windabsätze in Bezug auf Bodenbildung wohl kein Zweifel herrschen; es giebt sehr viele Fälle, in welchen kein anderes Agens die vorliegenden Erscheinungen erklären kann. Theilweise werden solche äolische Böden direkt durch den Wind von dem verwitternden Gestein weggeführt, theils werden schon gebildete Böden in andere, oft weit entfernte Gegenden getragen und dort abgesetzt. Sie unterscheiden sich, wenn feinkörnig, von den angeschwemmten Böden durch den Mangel an Schichtung und gleichmäßige Größe der Körner, sofern dieselben nicht späterhin zu größern Aggregaten verkittet worden sind. Auch die Oberflächengestaltung wird oft in hohem Grade durch den Wind beeinflusst.

B. *Chemische Agentien.* Als chemische Prozesse, die hauptsächlich bei der Bodenbildung betheiligt sind, mögen folgende genannt werden:

1) *Auflösung in Wasser.* Da nur wenige Stoffe, und besonders wenige der gesteinsbildenden, auch in reinem Wasser vollständig unlöslich, und manche (wie z. B. Gyps) sogar leicht löslich sind, so muß selbst das Regenwasser überall, wo es fällt, lösende Wirkung ausüben. In der Natur kommt aber wirklich reines Wasser überhaupt nicht vor; nur bei höchster Verfeinerung der Vorsichtsmaßregeln hat man es selbst künstlich erhalten können. Die «Verunreinigung», die allem natürlichen Wasser stets anhängt, ist ein scheinbar schwach wirkender, aber in seinen endlichen Wirkungen höchst bedeutsamer Stoff, nämlich

2) *Kohlensäure;* das säuerliche Gas aller moussirenden Wässer, das in der Natur bei unzähligen Prozessen, wie Verwesung, Gährung, die langsame oder rasche Verbrennung pflanzlicher und thierischer Substanzen, Kohlen u. s. w., sowie auch bei dem Athmen der Menschen und Thiere erzeugt wird. Da dieses Gas in der gewöhnlichen Luft enthalten und in Wasser löslich ist, so ertheilt es dem Regenwasser auch seine lösende Wirkung; da es beständig im Boden durch die Verwesung pflanzlicher Stoffe sich bildet, so ist das Bodenwasser als ein ziemlich starkes saures Lösungsmittel zu betrachten, das beständig auf die Mineralien des Bodens zersetzend einwirkt und deren Bestandtheile der Ernährung der Pflanzen zugänglich macht.

3) *Der Sauerstoff der Luft* ist wirksam nicht nur durch seine nothwendige Theilnahme an der Bildung der Kohlensäure, sondern auch direkt durch Einwirkung auf gewisse Bestandtheile der gesteinsbildenden Mineralien, besonders auf die Eisenverbindungen. Die meisten grünen und schwarzen Mineralien enthalten das Eisen in einer Form (Eisenoxydul), in der es, sofern Gelegenheit geboten wird, noch mehr Sauerstoff aufnehmen kann. Dies geschieht besonders, wenn Kohlensäure auf solche Mineralien (z. B. Hornblende) einwirkt; das Eisen wird dann schließlich fast vollständig in der Form von Rost (Oxydhydrat) ausgeschieden. Hierbei ändert sich die grüne oder schwarze Farbe in gelb und orange bis roth um, und zu gleicher Zeit wird das Gestein durch die erfolgende Ausdehnung aufgelockert, resp. zerrissen. Gleichzeitig löst

und laugt das mit Kohlensäure geschwängerte Wasser einen Theil der übrigen Bestandtheile aus.

4) In manchen Fällen tritt das Wasser selbst direkt ein in bestehende oder neugebildete Verbindungen; die hierdurch bewirkte Volumvermehrung bedingt die Zersprengung oder Zerkleinerung der ursprünglichen Masse. Beispiele sind die Bildung des Thones aus Feldspäthen, des Gypses aus Anhydrit, auch die des Eisenockers aus Eisenspath oder sonstigen Oxydulverbindungen dieses Metalles, des Eisenvitrioles aus Eisenkies u. a. m., bei welchen letzteren Umwandlungen sowohl Sauerstoff wie Wasser betheiligt sind.

Verwitterung und Brache. Es ist sonach der mehr oder weniger gleichzeitige Angriff des Wassers, der Kohlensäure und des Sauerstoffes, befördert durch die feine mechanische Vertheilung der Gesteine, welcher unablässig sowohl auf diese, als auch im Boden selbst zersetzend wirkt. Abgesehen von der einfach mechanischen Wirkung fließenden Wassers und Eises, werden alle obengenannten Agentien unter der Verwitterung, in der landwirthschaftlichen Praxis der Brache, mit inbegriffen.

II. Die Klassifikation der Bodenarten.

Je nach dem Gesichtspunkt, von dem aus die Böden betrachtet werden, und je nach dem Zweck dieser Betrachtung können dieselben sehr verschieden klassifiziert werden. Man kann mit gleichem Rechte nach Umständen den physikalischen, chemischen, petrologischen, geologischen oder landwirthschaftlichen Standpunkt einnehmen. Für den Zweck dieser Schrift ist der Standpunkt der Bildungsweise vorzuziehen, und nach diesem sind hauptsächlich zwei große natürliche Abtheilungen von Belang, nämlich

1) Sedentäre (sässige) oder rückständige Böden («Verwitterungsböden»¹⁾), welche durch die ruhige Einwirkung von Temperaturwechsel, Frost u. s. w. auf das Muttergestein und die lösende Wirkung

¹⁾ Sofern ausnahmslos alle Böden als solche wesentlich durch Verwitterung gebildet worden sind, scheint diese Bezeichnung kaum als Unterscheidung gerechtfertigt. Der englische Ausdruck «sedentary or residual», welchen man «sässige oder rückständige» übersetzen könnte, scheint auch passender als das Wort «primitiv», das eine verwirrende geologische Bedeutung mit sich bringt.

mit Kohlensäure und Sauerstoff beladenen Wassers an Ort und Stelle gebildet worden und da verblieben sind.

2) Verschleppte oder transportirte Böden, welche in größerem oder geringerem Maße von ihrem Ursprungsort entfernt worden sind, zumeist durch Wasserbewegung, doch auch theilweise durch Schwerkraft und Wind. Diese Böden zerfallen dann naturgemäß in zwei weitere, allgemein erkennbare und bekannte Unterabtheilungen, nämlich

a. Kolluvialböden, bestehend aus Material, das nur auf geringe Entfernung transportirt worden ist und keine Anordnung nach Korngrößen, resp. Schichtung durch fließendes Wasser erlitten hat, und welche daher in ihrem Vorkommen von Wasserläufen unabhängig sind. Solche Böden können Gesteinstrümmer jeder Gestalt und Größe, in mehr oder weniger gleichförmigem Gemenge mit der feinen Bodensubstanz enthalten; und dieselben bilden die Hauptmasse der Böden des Hügellandes, soweit dasselbe nicht selbst etwa aus älteren Alluvionen besteht. In den Regionen, die ehemals vom Inneneis bedeckt (vergletschert) waren, kann das Material solcher Böden theilweise auch aus weiter Ferne stammen; doch auch dann zeigt die Bodenmasse keine bestimmte Struktur oder Anordnung. Im Gegensatz hierzu finden wir die

b. Alluvialböden oder Anschwemmungsböden, welche durch oder in mehr oder minder bewegtem oder fließendem Wasser abgesetzt wurden, daher in bestimmter Beziehung zu natürlichen Wasserläufen resp. Thälern oder Seebetten stehen, und je nach der Natur des absetzenden Wassers eine mehr oder minder deutliche Sortirung, Schichtung oder Absatzlinien zeigen. Zu der alluvialen Klasse gehören demnach wesentlich die Böden der Thäler und deren Terrassen, sowie diejenigen gegenwärtiger oder älterer Seebetten, ferner der Sümpfe und der Marschländer. Die beiden letzteren bestehen vorzugsweise aus den feinsten und am meisten verwitterten Gesteinstheilen.

Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, daß zwischen diesen verschiedenen Bodenklassen unzählige Uebergänge stattfinden, und daß ein gegebener Boden häufig mit nahezu gleichem Rechte einer oder der andern Klasse zugezählt werden kann. Dies trifft besonders zu in dem Falle der älteren Alluvialböden, wovon viele durch Erhebung des Landes, Senkung des Thalweges oder Abfluß von Seen zu Hochland resp. Hügelland geworden sind.

Die «Großen Ebenen» (Great Plains) und „Mésas“ des westlichen Nordamerikas, Steppen Innerasiens u. a. m. gehören größtentheils hierher; ebenso die Uferterrassen, die jetzt oft in bedeutender Höhe über dem gegenwärtigen Hochwasserstande liegen. Hier ist die Bodenstruktur natürlich noch die der Alluvialböden; landwirthschaftlich und chemisch betrachtet ähneln dieselben aber meist der Klasse des Hügellandes, der Kolluvialböden.

3) Als eine dritte Klasse sind auch noch die oben genannten äolischen Böden zu betrachten, welche aus durch den Wind fortgeführten und wieder abgesetztem Material bestehen. Hierher sind vor Allem die Dünenbildungen zu rechnen, welche der Hauptsache nach aus Flugsand bestehen und in den regenreichen Ländern in der Regel nur am Meeresstrande sich bilden. In den regenarmen Ländern hingegen bewirkt der Wind eine höchst bedeutsame Trennung der mechanischen Bodenbestandtheile, die sich in der Bildung von drei verschiedenen Abstufungen kundgiebt, welche besonders in den «Wüstenregionen» zu beobachten sind. Es sind dies erstens die zurückbleibenden groben Korngrößen, welche als mehr oder weniger große Steine, Schotter oder Gruse die «Steinwüste» bedecken und in diesem Zustande hoffnungslos steril sind; der Sand, der sich wie anderswo in Dünenform — also in welligen Sandhügeln, die eine ganz charakteristische Struktur besitzen — ablagert, und endlich der feinere Staub, der sich als dünner Absatz auf weite Strecken ablagert und da, wo die Windrichtung eine ziemlich bestimmt vorherrschende ist, bedeutende Ablagerungen bewirken kann, während unter andern Umständen nur ein Hin- und Herwehen desselben Oberflächenmaterials stattfinden wird. Je nach der Feinheit des verwehten Materials und der Gleichmäßigkeit der Winde können also solche Böden ganz strukturlos sein, oder auch in sehr bezeichnender Weise Absatzlinien zeigen. In den ariden Regionen nehmen diese verschiedenen Bildungen große Wichtigkeit an.

Die physikalischen Bestandtheile des Bodens.

Ganz allgemein betrachtet bestehen alle Böden wesentlich aus mehr oder weniger feinem Gesteinspulver (Staub, Schlich, Sand, Grus) in verschiedenen Stadien der Zersetzung (Verwitterung); ferner aus plastischer Thonsubstanz, welche die «Bündigkeit» bedingt, und besonders

in den obern Lagen aus Pflanzenresten in mehr oder weniger fortgeschrittener Zersetzung zu Humussubstanz, welche der Ackerkrume die dunkle Färbung ertheilt. Je nach dem Vorwalten eines oder des andern dieser Hauptbestandtheile fallen demnach die Bodenarten in die allgemeinen Kategorien sandiger oder leichter, thoniger (bündiger) oder schwerer und humoser oder Mullböden. Weiterhin bedingt der Grad der Feinheit des vorwiegenden Gesteinspulvers, sowie dessen chemische und physikalische Natur Unterschiede, wie sie in Benennungen wie Geröll-, Grus-, Sand-, Feinsand-, Lehm-, Thon-, Kalk-, Dolomitböden, eisenschüssiger oder ockeriger, Moor- oder Torfböden und vielen anderen von mehr oder weniger allgemeiner Anwendbarkeit, die aber örtlich oft von höchster Wichtigkeit werden, gekennzeichnet sind. Hier ist die Mannigfaltigkeit so unendlich, daß keine strenge Einhaltung von Definitionen möglich bleibt.

Klimatische Faktoren, welche die Bodenbildung beeinflussen.

a. Einwirkung der Temperatur.

Man kann ganz allgemein sagen, daß unter sonst gleichen Umständen höhere Temperatur die Bodenbildungsprozesse begünstigt und beschleunigt, während niedrige Temperatur dieselben verlangsamt. Wir können zumeist künstlich, durch Anwendung höherer Temperatur, in kurzer Zeit wesentlich dieselben chemischen Aenderungen hervorbringen, die bei der natürlichen Bodenbildung sich langsam vollziehen.

Es ist sonach zu erwarten, daß die Böden tropischer Klimate im Allgemeinen sich in stärker zersetztem Zustande befinden werden als in den gemäßigten oder kalten Zonen, wo bei der viel niedrigeren Temperatur und der zeitweise fast vollständigen Unterbrechung durch Winterkälte die Zersetzung sehr verlangsamt wird; und soweit die noch etwas mangelhaften Daten hinsichtlich der Tropenböden zu Schlüssen berechtigen, ist dies auch wirklich der Fall. Schon der unvergleichliche Reichtum und die Ueppigkeit des tropischen Pflanzenwuchses deuten auf die Gegenwart größerer, den Pflanzen zu Gebote stehender Nährstoffmengen, und derselbe Schluß ergiebt sich aus der außerordentlich langen Dauer der Fruchtbarkeit des jungfräulichen Bodens, die in vielen Tropenländern die sprichwörtliche Trägheit und Sorglosigkeit der Bewohner so sehr

fördert. Eines der bestbekannten Beispiele dieses Sachverhaltes bietet der Regurboden der Hochebene des Deccan (Südindien), der wohl seit 2000 Jahren ohne Düngung oder wesentliche Verminderung der Ernten bebaut worden ist.

Aehnliche Fälle sind auch aus der Tropenregion Amerikas bekannt, wo z. B. erst in ganz neuerer Zeit die in der vulkanischen Region zwischen den Städten Guatemala und Antigua mindestens seit der Eroberung gezogenen großen Maisernten sich soweit vermindert haben, daß an Düngung gedacht wird. Es ist übrigens diese üppige und ausdauernde Fruchtbarkeit keineswegs die unverbrüchliche Regel in den Tropen; dem Flach- und Tiefland gegenüber ist das Hügelland häufig außerordentlich unfruchtbar. Es ist selbstverständlich, daß unfruchtbare Böden sich überall da bilden werden, wo Gesteine von einseitiger Zusammensetzung die Bodenmasse liefern; also z. B. aus Quarzsandstein oder Quarziten, Talk- oder Glimmerschiefer, Serpentin, Dolomit, Kreide u. dgl., da diese der wichtigsten Pflanzennährstoffe ermangeln. Es kann aber ein solcher Mangel auch durch klimatische Einflüsse in Bodenmassen, die ursprünglich reichhaltig waren, hervorgebracht werden, und dies natürlich um so leichter, je rascher und vollständiger der Verwitterungsprozeß sich vollzogen hat.

b. Einfluß der Regenmenge auf die Bodenbildung.

Da das Wasser das Hauptagens der Bodenbildung ist, so muß begreiflicherweise eine größere oder kleinere Regenmenge die einschlagenden Prozesse wesentlich beeinflussen. In Verbindung hiermit müssen auch die Vertheilung des Regens in den Jahreszeiten und deren Temperatur als kräftige Faktoren sich bethätigen.

Wenn nun aber, wie das in einem großen Theil der Tropenländer der Fall ist, ein sehr bedeutender jährlicher Regenfall mit der beständig hohen Temperatur zusammenwirkt, so ist bei irgend bedeutender Durchlässigkeit des Bodens eine starke Auslaugung desselben unvermeidlich, wenn nicht etwa die Lage oder der Untergrund entgegenwirken. Es erklärt sich hieraus das Vorkommen und die Natur der sog. Lateritböden, welche in der Tropenzone fast überall da vorkommen, wo die jährliche Regenmenge sehr groß ist; während sie auch innerhalb der Tropen da ganz mangeln, wo die Regen nur spärlich sind und also eine Auslaugung nicht oder nur in geringem Grade stattfinden kann, daher

W , n , W

U' M 'U' M 'U

W , n , W , n , W , n

M 'U' M 'U' M 'U

W n W n W

die Verwitterungsprodukte im Boden sich anhäufen müssen. Solche Böden stehen mit den Lateritböden gerade in dem schroffsten Gegensatz ¹⁾).

Diese drei wesentlich verschiedenen Bodenklassen der Tropen und Subtropen, die in den gemäßigten Zonen viel weniger scharf charakterisirt sind, werden nach der Betrachtung der Natur der löslichen Verwitterungsprodukte eingehender besprochen werden.

Zusammensetzung des Meerwassers. Die Natur der vorwiegend ausgelaugten Stoffe läßt sich am besten aus der Zusammensetzung des Meerwassers ersehen, insofern dasselbe das allgemeinste Resultat des durch äonische Zeiträume fortlaufenden Auslaugeprozesses darstellt.

Die mittlere Zusammensetzung des Meerwassers ist nach *Regnault*:

Natriumchlorid (Kochsalz) . . .	2,700
Kaliumchlorid	0,070
Calciumsulfat (Gyps, wasserfrei)	0,140
Magnesiumsulfat (Bittersalz) . .	0,230
Magnesiumchlorid	0,360
Magnesiumbromid	0,002
Calciumkarbonat («Kalkstein») .	0,003
Wasser und Verlust	96,495
	100,000.

Der mittlere, totale Salzgehalt des Meerwassers wäre sonach 3,505 Prozent. Nach 21 Bestimmungen des Salzgehaltes im Atlantischen Meere wechselte der Salzgehalt von 3,506 bis auf 3,710 Prozent. Das Kochsalz bildet 75 bis 80 Prozent der Gesamtmasse der Salze.

Es ist sonach das Kochsalz der bei weitem vorwiegende feste Bestandtheil des Meerwassers. Zunächst kommen, der Menge nach, die Magnesium-Verbindungen, Bittersalz und andere Mutterlaugensalze, mit sehr wenig Brommagnesium. Diesen folgen die Calcium- (Kalk)-Verbindungen, von welchen der Gyps vorwiegend ist, während das Karbonat (kohlensaurer Kalk), welches in den verschiedenen Formen des Kalksteines

¹⁾ Es ist demnach ganz unstatthaft, die Tropenböden als solche über einen Leisten zu schlagen und z. B. zu sagen, daß sie sich «der Düngierzufuhr ganz besonders dankbar erweisen», wie dies von *Wohltmann* geschieht. Für die Böden der Lateritklasse ist dies wohl zutreffend, nicht aber für das Regur des Dekkan noch für die ariden Böden Nordwestindiens.

auf dem Lande so reichlich vorkommt, im Meere nur in ganz kleinen Mengen enthalten ist, welche aber doch hinreichen, um Muscheln, Korallen und andere Meerthiere mit dem ihnen nöthigen Kalk zu versehen. Unter den hier erwähnten metallischen Elementen ist das Kalium in der geringsten Menge vorhanden und existirt als Chlorid (und Sulfat). Berechnet man die Totalmenge des Chlors in den Salzen des Meerwassers, so ergibt sich, daß dessen Gewicht das jedes andern Elementes übersteigt, indem es $\frac{2}{7}$ der ganzen Menge ausmacht.

Wir erhalten wesentlich dasselbe allgemeine Resultat bei der Betrachtung der salzigen Bestandtheile der ausflußlosen Binnenlandseen. Der große Salzsee von Utah, die landumschlossenen Binnenseen von Nevada, Kalifornien und Oregon, sowie die der Wüsten Asiens, Afrikas und Australiens erhärten einstimmig denselben Sachverhalt; derselbe ließe sich kürzlich dahin zusammenfassen, daß die Chloride des Natriums und Magnesiums und die Sulfate derselben und des Calciums, die Hauptmasse der aus dem Lande ausgelaugten Bestandtheile bilden, während von andern Substanzen nur das Kalium in einigermaßen bedeutender Menge vorkommt.

Die obige Tabelle zeigt nun allerdings nur die Bestandtheile, die bei dem jetzigen Stande der chemischen Analyse direkt bestimmbar sind; doch kann die Gegenwart vieler anderer Stoffe indirekt nachgewiesen werden. So werden bei der industriellen Darstellung des Seesalzes Kalium und Brom in den Mutterlaugen soweit angesammelt, daß dieselben praktisch verwerthbar werden. Ferner enthält die Asche der Seetange (Kelp, Varec), die doch jedenfalls aus dem Meerwasser stammt, neben andern sonst nicht direkt nachweisbaren Stoffen beträchtliche Mengen Jod, dessen industrielle Quelle jene Asche ist; ferner Verbindungen des Eisens, Mangans und Phosphors. Das Kupferblech, womit Schiffe beschlagen werden, wird bei seiner allmählichen Zerfressung durch das Meerwasser ganz merklich silberhaltig, und das aus ihm erhaltene Silber enthält Gold. Kupfer, Lithium und Fluor sind gleichermaßen im Seewasser aufgefunden worden, und es ist nicht zu bezweifeln, daß die Gegenwart noch vieler anderer Elemente durch genauere Untersuchung dargethan werden würde. Dies ist nach der bekannten Löslichkeit der meisten uns bekannten Mineralstoffe in reinem und noch mehr in mit Kohlensäure geschwängertem Wasser nicht anders

zu erwarten. Die Kohlensäure ist (als nothwendiges Resultat des Athmens der Thiere und der Verwesung derselben und der Seepflanzen) stets im Meerwasser enthalten; sie erhält das Calciumkarbonat in Auflösung, und auf ihr Entweichen beim Erhitzen oder Verdunsten des Meerwassers folgt, als erster Absatz, der Niederschlag dieser Substanz, die sich als dünne Kalksteinschale gewöhnlich, nebst Gyps, an der Unterfläche von Steinsalzlagernden findet. Die letztern, sowie die sie fast stets begleitenden Gypslager sind zweifellos das Resultat der Verdunstung abgegrenzter Becken Seewassers in vergangenen geologischen Perioden.

Betrachten wir die oben erwähnten Thatsachen mit Rücksicht auf die den Pflanzen besonders nothwendigen Bodenbestandtheile, so ergibt sich im Allgemeinen, daß die Stoffe, welche hauptsächlich aus dem Gesteinschutt und dem Boden laufend ausgelaugt werden, gerade diejenigen sind, von welchen die meisten Pflanzen nur ganz kleine Mengen zur Entwicklung bedürfen; während unter denen, die für den Pflanzenwuchs besonders wichtig sind, nur das Kalium in nennenswerther Menge weggeführt wird.

Unzulängliche Regenmenge. Nach obigen Betrachtungen ist es klar, daß, wenn durch die Unzulänglichkeit der Totalmenge des Regens, oder durch die Art seiner Vertheilung im Jahr, jener Auslaugeprozess ganz oder theilweise unterdrückt wird, die Salze, die sonst dem Meere zugetragen werden, in entsprechender Weise ganz oder theilweise im Boden zurückbleiben und sich darin anhäufen müssen, bis es endlich dazu kommt, daß sie in der trockenen Jahreszeit an der Oberfläche als Salzkrusten ausblühen. Die Gegenwart solcher Ausblühungen (außerhalb abflußloser Niederungen) deutet also stets auf ungenügende Regenmenge hin, und bedingt noch sonstige Eigenthümlichkeiten des Bodens, die unten eingehender betrachtet werden sollen.

III. Einfluß klimatischer Faktoren auf die physikalische oder mechanische Natur des Bodens.

Wenn es gleich nicht möglich ist, die physikalischen und chemischen Unterschiede der Böden, die sich immer gegenseitig mehr oder weniger beeinflussen, streng getrennt zu betrachten, so scheint es doch geboten, einige allgemeine, dahin einschlagende physikalische Erscheinungen zuerst eingehender zu besprechen.

Einfluß humider und arider Klimate auf die Thonbildung. Eine der wichtigsten Unterschiede, die trockene Klimate gegenüber feuchten in der Bodenbildung äußern, ist die große Verzögerung der Thonbildung aus Feldspathgesteinen (Kaolinisirung) und demnach der daraus sich ableitenden mechanischen Bodenbestandtheile. Ein oft berührtes Beispiel findet sich in den Syenitsteinbrüchen Oberegyptens, woher die meisten der großen Monolithe der egyptischen Tempel stammen. In diesen Steinbrüchen, die seit Jahrtausenden nicht mehr bearbeitet worden sind, findet man die rohen, zuletzt von den Arbeitern abgesprengten Steinblöcke mit fast noch frischer Oberfläche; und ähnliche frische Flächen zeigen auch die Obeliskten und Säulenhallen Unteregyptens, obgleich dort etwas mehr Regen fällt. Es ist nun wohl bekannt, daß einer jener Obeliskten («Kleopatras Nadel»), der seit etwa zehn Jahren in dem «Central-Park» in Newyork aufgestellt ist, in dringender Gefahr steht, durch den Einfluß eines total verschiedenen Klimas gänzlich zerstört zu werden. In Newyork ist nicht nur die Regenmenge, sondern auch der Temperaturwechsel sehr viel größer als in Egypten, und beide zusammen wirken natürlich noch viel rascher zerstörend, als wenn nur einer dieser Faktoren sich geltend machte. Denn wenn, wie das zumeist im Winter geschieht, auf einen schroffen Temperaturwechsel, der allein schon zwischen den Mineraltheilen des Gesteins feine Risse eröffnet hat, zuerst Regen und dann Frost folgt, so kann ein Tag eingreifenderen Schaden anrichten als ein Jahrtausend egyptischen Klimas. Im Fall des Newyorker Obeliskten sind die genannten physikalischen Agentien zweifellos die Hauptmomente der drohenden Zerstörung, die fast unvermeidlich scheint; während der chemische Prozeß der Kaolinisirung bis jetzt nur ganz untergeordnet auftritt. Es kann aber keinem Zweifel unterliegen, daß auch die Kaolinbildung durch die so herbeigeführte Vergrößerung der Angriffsoberfläche quantitativ außerordentlich verschnellert werden muß.

Ein ähnlicher Gegensatz ist zu beobachten, wenn man die granitischen Gesteine der südlichen Alleghanykette mit denen vergleicht, die in gleichen Breiten im südlichen Kalifornien und in Arizona anstehen. Die scharfen Felsriffe der Sierra Madre und die rauhen Oberflächen ihrer Gesteine stechen scharf ab gegen die gerundeten kuppenförmigen Bergrücken der Atlantischen Region, wo unter dem verwitterten Granitgrus oft bis auf

13 Meter Tiefe kein frisches Gestein zu finden ist. Andere Felsarten zeigen mehr oder weniger dieselben Erscheinungen, und dieselben wiederholen sich auch entsprechend in anderen Welttheilen.

Der Schluß, daß ähnliche Unterschiede auch bei den betreffenden Bodenarten stattfinden müssen, ist unvermeidlich; und selbst die oberflächlichste Beobachtung zeigt, daß dem wirklich so ist. Der Sachbestand läßt sich für Nordamerika etwa so ausdrücken: Die Böden der Atlantischen humiden Region sind vorwiegend Lehm- resp. Thonböden und zuweilen selbst im Alluvialland sehr bündig, während in der ariden Region, westwärts vom 100. Längengrade, die Böden fast durchgängig sandig oder feinpulverig sind, mit sehr wenig Thonsubstanz, außer wo dieselbe von präexistirenden Thonformationen herrührt. Die Natur der letztgenannten Böden ist natürlich von dem Klima unabhängig, sofern ihr Material in frühern geologischen Perioden gebildet wurde.

Vorherrschen thonarmer Böden in ariden Klimaten. Der Mangel an Bündigkeit, der die Böden regenarmer Landstriche kennzeichnet, drängt sich der Wahrnehmung jedes Reisenden auf, in der Form jener Sand- und Staubstürme, die in «Wüstengegenden» so häufig und lästig sind. Daß ein großer Theil der sogenannten Wüsten aufhört, den Namen zu verdienen, sobald die belebende Wirkung des Wassers sie berührt, ist wohl nirgends schlagender zur Anschauung gekommen als bei dem Verschwinden der «Großen Wüste» aus der Karte Nordamerikas. Und doch macht sich in der Erfahrung des Reisenden noch heute derselbe Unterschied fühlbar. Wenn in dem östlichen Nordamerika oder in Europa noch so große Trockenheit herrscht, so wird, abgesehen von Dünenland, ein Sturmwind wenig, oft gar keinen Staub oder Sand aufstöbern, außer von befahrenen Wagen oder bebautem Lande; weil eben der relativ thonreiche Boden im unbebauten Lande in der Regel von einer mehr oder weniger festen Kruste bedeckt ist. In der ariden Region wird unter sonst gleichen Umständen selbst ein leichter Windstoß eine Staubwolke aufwirbeln, und ein Sturm wird fast unvermeidlich ein Staub- oder Sandsturm. «Staubböden», welche während der trockenen Jahreszeit im natürlichen unbebauten Zustande selbst im Waldland so lose sind, daß sie bei der geringsten Luftbewegung Staubwolken aufsteigen lassen und das Durchreisen höchst unangenehm machen, sind in den Staaten Oregon und Washington gar nicht selten, besonders an den Uferländern des

Columbia- und Snakeflusses. Die nachfolgenden mechanischen und chemischen Analysen mehrerer solcher Böden jener Gegenden geben eine gute Idee ihrer Zusammensetzung. — Daß dieselben allgemeinen Erscheinungen auch in den ariden Gegenden von Asien, Afrika und Australien sich zeigen, ist wohlbekannt.

Staubböden der ariden Region.

Chemische Analyse der Feinerde.

	17	37	79
	Atahnam Prairie, YakimaCounty, Wash.	Rattlesnake Creek, KittitasCounty, Wash.	Plateau am Willow Creek, Morrow County,Oregon.
Unlöslicher Rückstand	71,67	78,33	79,21
Lösliche Kieselsäure	5,11	2,20	2,30
Kali (K ₂ O)	1,07	0,70	0,89
Natron (Na ₂ O)	0,35	0,24	0,05
Kalk (CaO)	2,00	2,08	1,37
Magnesia (MgO)	1,34	1,47	1,08
Manganoxidoxydul (Mn ₃ O ₄)	0,04	0,07	0,06
Eisenoxyd (Fe ₂ O ₃)	6,88	6,13	5,63
Thonerde (Al ₂ O ₃)	7,91	6,12	6,02
Phosphorsäure (P ₂ O ₅)	0,13	0,18	0,18
Schwefelsäure (SO ₃)	0,02	0,02	0,03
Wasser und organ. Substanz	2,82	2,35	2,55
Summa	99,33	99,90	99,35
Humus	0,41	—	0,44
Hygroskopische Feuchtigkeit ¹⁾	4,98	3,20	4,92

Mechanische Analyse der Feinerde ²⁾.

Thonsubstanz ³⁾	0,93	3,59	1,27
Korngrößen von <0,25 mm hydr. Werth	30,93	13,06	32,29
» » 0,25 — 0,5 mm . . .	3,20	5,82	12,75
» » 0,05 — 2,0 » . . .	7,18	27,37	37,51
» » 2,00 — 8,0 » . . .	21,88	43,78	10,92
» » 8,00 — 64,0 » . . .	32,39	4,57	3,97
Summa	96,57	98,18	98,72

Mehrere interessante Punkte, welche weiterhin besprochen werden sollen, finden in dieser Tabelle ihren Ausdruck. In der chemischen Zu-

¹⁾ In völlig gesättigter Luft bei 15° C.
²⁾ In diesen Fällen der ganze Boden, der vollständig durch ein Sieb von 0,5 mm Lochgröße geht. Die Maßangaben beziehen sich durchgängig auf hydraulische Werthe, nicht auf Korndurchmesser.
³⁾ d. h. solche, die sich aus einer 200 mm hohen Wassersäule binnen 24 Stunden nicht absetzt.

sammensetzung zeigen diese drei Böden vortreffliche Beispiele des vorwiegenden Charakters des Landes der ariden Region; sie zeigen u. A. auch, daß der «Thon» der physischen Analyse nicht einmal annähernd der «Thonerde» der chemischen Analyse entspricht, was noch dadurch erhärtet wird, daß die Menge der bei der Digestion mit Chlorwasserstoffsäure ausgeschiedenen «löslichen Kieselsäure» weit hinter der der angelösten Thonerde zurücksteht; während das Gegentheil stattfinden müßte, wenn dieselben ursprünglich zu Kaolinit verbunden gewesen wären.

Was die physikalische Zusammensetzung betrifft, so zeigt sich, daß die kolloidale Thonsubstanz nur in ganz kleiner Menge gegenwärtig ist. Die Menge der feinsten Korngrößen ist sehr hoch in zwei derselben; dann kommt eine auffällige Lücke, in dem sehr kleinen Prozentsatz der nächst gröberen Absätze. Es mag hier noch erwähnt werden, daß diese Böden sich mit großer Schwierigkeit bei der Bewässerung benetzen, so daß die Bewässerungsgräben nur etwa in einem Meter Abstand gezogen werden, und selbst dann längere Zeit voll laufen müssen, um das Land hinlänglich zu durchnässen.

Es ist auch ersichtlich, daß diese Böden sehr hohe Prozentsätze mineralischer Pflanzennährstoffe enthalten, und daß dieselben demnach äußerst fruchtbar sein sollten. Die örtliche Erfahrung hat späterhin diese Voraussicht im vollsten Grade bestätigt.

«Reiche» Böden. Im Gegensatz zu diesen Thatsachen steht die in der humiden Region fast allgemeine Verknüpfung der Reichhaltigkeit resp. Dauerhaftigkeit eines Bodens mit einem relativ hohen Thongehalt, daß fast alle der Praxis geläufigen Ausdrücke zur Bezeichnung solcher Böden mit der Idee einer gewissen «Schwere» oder Bündigkeit zusammenfallen, während die entgegengesetzten Bezeichnungen — leicht, mager — zumeist mit dem sandiger oder feinpulveriger Böden verknüpft werden. Daher kommt es ganz häufig vor, daß Neuangekommene starke Zweifel hegen hinsichtlich der Fruchtbarkeit und Dauerhaftigkeit derartiger Böden der ariden Region, welche sich erfahrungsgemäß als in beiden Hinsichten unübertrefflich bewiesen haben.

«Adobe.» Es versteht sich, daß schwere, bündige Thonböden auch in der ariden Region vorkommen; solche Böden werden in Kalifornien

und dem Spanischen Amerika allgemein als «Adobe» bezeichnet¹⁾. Diese verdanken ihren Ursprung einer oder der anderen speziellen Bedingung. Im Hügellande sind sie in der Regel das direkte Zersetzungsprodukt älterer Thonlager oder Thonschiefer, die entweder den Untergrund bilden oder an Abhängen in höherer Lage anstehen; es sind «sässige» oder kolluviale Böden, deren Thonsubstanz während älterer geologischer Perioden gebildet wurde. Andererseits findet man in den Thälern Adobeböden, die als Sumpfabsätze zu betrachten sind; es versteht sich, daß solche nicht unter «ariden» Bedingungen sich bilden können, sofern sie die feinsten Theile darstellen, die sich nur aus stillem Wasser überhaupt absetzen können, und die theilweise auch von den erstberührten Thonformationen des Hügellandes abstammen. Beispiele beider Art kommen sowohl in dem Küstengebirge als in dem Zentralthale Kaliforniens zur Genüge vor; doch besteht bei Weitem der größte Theil der Thalfläche aus den sandigen oder feinpulverigen Böden, wie sie der ariden Region im Allgemeinen eigen sind.

Tiefe der Bodenschicht in der ariden Region. Es besteht aber noch ein anderer bedeutungsvoller Unterschied zwischen der physikalischen Natur der Böden in der humiden und ariden Region. In der ersteren ist der Unterschied zwischen der humosen oder eigentlichen Ackerbodenschicht von der höchsten praktischen Bedeutung; in der ariden ist dieser Unterschied größtentheils verwischt, oft fast verschwunden. Man findet oft bis zu 1 m Tiefe kaum einen Wechsel der Farbe, der auf Humusgehalt zurückzuführen wäre; und sehr wichtig ist die Thatsache, daß der Untergrund aus solcher Tiefe meist ebensogut für landwirthschaftliche Zwecke tauglich ist als die Obererde selbst. Die Sorglosigkeit, mit welcher bei der Nivellirung für Bewässerungszwecke verfahren wird, indem der Untergrund oft aus 1 m Tiefe auf das zu niedrige Terrain aufgeschüttet und dessen Ackerkrume so völlig begraben wird; die Schnelligkeit, mit der sich der verwaschene, rothe Lehm der Goldminen in den Vorbergen der Sierra Nevada mit der natürlichen Vegetation wieder bekleidet: all' dies erregt das Erstaunen neuer An-

¹⁾ Es ist zu bedauern, daß in den Berichten der geologischen Aufnahme der Ver. Staaten dieser Name irrthümlich für das lehmige Material gebraucht wird, aus dem die Adobehäuser gewöhnlich gebaut werden. Landwirthschaftlich werden darunter «schwere Thonböden» verstanden, die durchaus nicht zu solchen Bauten dienen könnten.

kömmlinge aus der humiden Region, die gewöhnt sind, das Aufpflügen des Untergrundes als eine mißliche Sache zu betrachten, bei der man leicht mehrere Ernten einbüßen kann, ehe der rohe Untergrund durch die Brache für die Kulturgewächse gedeihlich wird und sich die nöthige Humusmenge angeeignet hat¹⁾).

Die Ursache dieses auffälligen Unterschiedes ist an sich nicht schwer zu ermessen, wenn wir die Vorgänge, worauf der Kontrast zwischen Ober- und Untergrund in der humiden Region beruht, etwas eingehend betrachten. So ist schon oben bemerkt worden, daß die Böden der humiden Region überhaupt in der Regel relativ thonreich sind. Wenn es stark regnet, diffundirt sich stets ein Theil des Thones zu «Thonwasser» und dringt als solches in den Untergrund, wo der Thon nach und nach hängen bleibt. Die Folge ist, daß in der humiden Region der Untergrund fast ausnahmslos mehr Thonsubstanz enthält als die Ackerkrume, und daher weniger durchlässig ist, sei es für Wasser oder Luft. Ausnahmefälle kommen fast nur im angeschwemmten Lande vor, wo je nach der Herkunft die jeweiligen Absätze mehr oder weniger sandig oder thonig sein können; selten auch bei Kolluvialböden, wenn diese auf Sand lagern und von höher liegenden Thonschichten sich ableiten.

Das von oben einsickernde Thonwasser verdichtet nun nicht nur den Untergrund direkt durch Thonabsatz, sondern auch durch die gleichzeitige Auslaugung des kohlensauren Kalkes, der sich dann ebenfalls dort absetzt und den Thon verkitten hilft. Daß auch zeolithbildende Lösungen dabei oft mitwirken, ist leicht zu ermessen und ergiebt sich schlagend aus der Untersuchung über die Zusammensetzung der feineren Bodentheile, die ich 1872 durch *Loughridge*²⁾ ausführen ließ. Daß diese Verdichtung des Untergrundes sowohl auf die Bodenverwitterung, wie auf die Wurzeldurchdringung nach unten einen hervorragenden Einfluß üben muß, ist selbstverständlich. Denn wo der Luftzutritt gehindert

¹⁾ Es sei hier nur ein einschlagender Fall erwähnt, den ich in der Nähe von Nevada City, Kalifornien, beobachtete. Es wurde dort unter einem alten, von einem Garten umgebenen Hause ein neuer Keller auf 2 bis 3 m Tiefe gegraben, und die ausgegrabene rothe Erde geradezu auf den Gartenbeeten ausgebreitet. Die Gemüse, Erdbeeren, Wassermelonen etc. wuchsen dasselbe Jahr nicht nur gut, sondern besser als vorher, da der alte Gartenboden schon etwas erschöpft war. Selbst Erde aus 9 m Tiefe hat ähnliche Resultate ergeben.

²⁾ Forschungen a. d. Gebiete der Agrikulturphysik. Bd. XVI. S. 25.

ist, müssen beide sehr gehemmt, und dadurch u. A. auch die Humusbildung in der Tiefe sehr beschränkt werden.

Ganz anders gestaltet sich dies in den Böden der ariden Region, wo nicht nur der Boden an sich viel weniger diffundirbare Thonsubstanz enthält, sondern auch die starken Regengüsse, welche zur Diffusion und Durchsickerung führen, nicht oder selten vorkommen. Luft, Wasser und Pflanzenwurzeln dringen also dort leicht zu bedeutender Tiefe in den losen Boden, und daher ist kein Grund vorhanden, warum die sonst nur dem Obergrund eigenen Prozesse der Verwitterung und Humusbildung nicht in relativ bedeutende Tiefen reichen sollten. Daß diese größere Tiefe der den Wurzeln zugänglichen Bodenschicht auch wesentlich sowohl zur Ergänzung des Wasserbedarfs aus dem Grundwasser, als auch der von der Pflanze erreichbaren Nährstoffe beiträgt, liegt auf der Hand; es wird dadurch nicht nur das ohne Bewässerung kultivirbare Gebiet sehr vergrößert, sowie auch die Wahl der Kulturpflanzen bedeutend ausgedehnt, sondern auch die Dauer der Fruchtbarkeit des Kulturlandes wesentlich verlängert.

Einfluß klimatischer Bedingungen auf die Humusbildung. Auf die Einwirkung der physikalischen und chemischen Agentien, welche die Bodenbildung aus Gesteinen bewirken und die noch im Boden selbst sich fortsetzen, folgt der Zeit nach bald eine andere, die in genauem Zusammenhang mit dem Pflanzenwuchs steht und praktisch kaum weniger wichtig ist als jene. Dies ist die Zersetzung der pflanzlichen Ueberreste im Boden und die Bildung der Substanzen, die im Allgemeinen als Humus oder Mull bezeichnet werden: der dunkel-farbige, manchmal kohlschwarze Stoff, der bei der Zersetzung der Pflanzenmasse bei wenigstens theilweisem Ausschluß der Luft als schwer verweslicher Rückstand bleibt. Obgleich man jetzt weiß, daß dieser Stoff nicht die vorwiegende Wichtigkeit für den Pflanzenwuchs besitzt, der ihm vor Zeiten zugeschrieben wurde, so wird er doch mit Recht als einer der für die Landwirthschaft wichtigsten Bodenbestandtheile angesehen; und da seine Bildung ganz direkt von klimatischen Bedingungen abhängig ist, so bilden die Verschiedenheiten seines Vorkommens in Folge jener Bedingungen sehr charakteristische Unterschiede zwischen den Böden der ariden und humiden Regionen.

Verschiedene Arten der Zersetzung. Pflanzliche Ueberreste, der alleinigen Einwirkung der Luft ausgesetzt, verwesen nach und nach vollständig unter dem Einfluß ganz langsamer Verbrennung (Eremakausis), welche von keinem Gährungsprozeß begleitet ist und durch hohe Temperatur sehr beschleunigt wird. Wenn dieselben Pflanzenreste hingegen unter Wasser sich zersetzen, so unterliegen sie einem ganz anderen Prozeß, der Verwandlung in eine braune Masse («Ulminsubstanzen»), deren Endresultat wir Torf nennen. Das kaffeeфарbene Wasser der Torfmoore beweist, daß die braune Masse theilweise in Wasser löslich ist; und dieses braune Wasser verhält sich gegen Reagenspapier und theilweise gegen den Geschmackssinn deutlich sauer. Es ist also die volksthümliche Bezeichnung solcher Böden als «sauer» völlig gerechtfertigt, und es ist wohlbekannt, daß bei der Melioration solcher Böden die Neutralisation mit Kalk oder Mergel mit der Drainirung Hand in Hand gehen muß, um dieselben für Kulturpflanzen geeignet zu machen.

Eigentliche Torfmoore bilden sich überhaupt nur in kalt-gemäßigten Klimaten; nicht nur, weil das Torfmoos, welches ihre Hauptmasse bildet, trockene Luft nicht verträgt, sondern auch weil in warmen Klimaten die untergetauchten Pflanzenreste einer raschen Gährung unterliegen, bei welcher ein großer Theil der Masse in entweichende Gase (Kohlensäure und Sumpfgas) verwandelt wird, und demnach nur ein verhältnißmäßig kleiner Rückstand von torfartiger Beschaffenheit zurückbleibt. Jedoch können an sich die Bedingungen der Bildung des sauren Humus (Ulminsubstanzen) in jedem Klima verwirklicht werden, wie dies ja in den Marschgegenden von Kalifornien, Louisiana und Florida in großem Maßstabe zu beobachten ist, sowie in jeder quellenreichen Schlucht ähnlicher Klimate. Andererseits ist in dem marschartigen arktischen Flachland, den Tundren, die Temperatur auch während des kurzen Sommers so niedrig, daß die Torfbildung nur äußerst langsam fortschreitet, selbst da, wo das Torfmoos noch seine Existenz fristen kann.

Wenn hingegen die Pflanzenreste in gut drainirtem Lande im Boden selbst verwesen, so vollzieht sich die Humusbildung in noch anderer Weise. Der sich bildende «Mull» ist dann von sehr dunkler, oft kohlschwarzer Farbe und vollständig unlöslich in dem durchsickernden Wasser, dem daher keine Färbung ertheilt wird. Dies ist die Art Humussubstanz, die dem Landwirth überall erwünscht ist; er betrachtet sie im jung-

fräulichen Boden als ein sicheres Zeichen der Fruchtbarkeit, und er sorgt für dessen Erhaltung im Kulturlande, weil derselbe erfahrungsgemäß eine Bedingung reichlicher Ernten ist.

Es mag hier noch erinnert werden, daß die braune Humus- oder Torfsubstanz der Moore durch Kalk oder Mergel ihre saure Natur verliert und in Wasser unlöslich wird, auch nach und nach in die normale unlösliche Form des schwarzen Humus übergeht, ohne jedoch deshalb die ursprünglich im Boden gebildete Form in jeder Hinsicht ersetzen zu können, weil gewisse chemische Bestandtheile ihm mangeln.

Ein zwischen Torf und schwarzem Humus in der Mitte liegendes Produkt bildet oft die Bodenoberfläche in den Urwäldern der Küstenländer Nordwest-Amerikas, von dem mittleren Oregon bis nach Alaska. Es wird dort volksthümlich «Duff» genannt wegen seiner Aehnlichkeit mit der sonntäglichen Mehlspeise (Pudding) des Schifffahrers, die aber ihre braune Farbe gewöhnlich der zur Versäßung verwendeten Melasse verdankt. Der natürliche «Duff» bildet sich bei der Verwesung der unzähligen Baumstämme, die in diesen Wäldern darniederliegen und oft das Durchdringen derselben höchst schwierig machen und die, halb verrottet, der jungen Baumvegetation als vortreffliche Unterlage dienen. In dem äußerst feuchten Klima, woselbst tägliche Regen die Regel bilden, sinken die Stämme im Laufe der Zeit zu flachen Rücken zusammen, die dann im Durchschnitt eine zuweilen mehrere Fuß dicke Bodendecke bilden, die mit Kissen üppiger Moose, Linnaea, Pyrolen, Lycopodiaceen und dgl. bekleidet ist, während Gräser gänzlich mangeln. Diese Muldecke ist in den oberen Theilen von brauner Farbe, die nach der Tiefe zu dunkler wird und zuletzt als gewöhnlicher schwarzer Humus erscheint, der nach und nach in den eigentlichen normalen Waldboden übergeht. Daß solcher Boden sich bei der Bebauung als äußerst fruchtbar erweist, ist wohl zu ermessen.

Einfluß ariden Klimas auf die Humusbildung. Der oben erwähnte Faktor — die langsame Oxydation oder Eremakausis — steht augenscheinlich der Humusbildung in ariden Klimaten sehr hemmend im Wege. [Statt des bedeutenden organischen Rückstandes, der in den regenreichen Regionen sich bildet, bleibt dort oft kaum mehr als ein kleiner aschenartiger Rückstand von unbedeutendem Gewicht; und demnach muß man erwarten, daß, abgesehen von speziellen Fällen, die charakteristischen

Bodenarten der ariden Region weniger Humus enthalten müssen als die humiden Klimate. Die analytische Bestimmung bestätigt im Allgemeinen diese Voraussetzung vollkommen, natürlich mit Ausnahme der schwarzen «Adobe» und einiger anderer Böden, die nicht unter wirklich ariden Bedingungen sich gebildet haben oder fortbestehen. Es kommen nicht selten Fälle vor, in welchen die oberste Bodenschicht sogar weniger Humussubstanz enthält als tiefer liegende. Dies ist leicht erklärlich aus der Intensität der in der heißen, trockenen Sommerluft stattfindenden Eremakausis, durch welche die Humusbildung nahe der Oberfläche zuweilen fast ganz verhindert wird¹⁾.

Unter den landwirthschaftlichen Gewohnheiten der humiden Region, welche die bezüglichen Unterschiede sehr treffend bezeichnen, ist eine, die unter den klimatischen Verhältnissen der regenarmen Region gar nicht ausführbar ist. Dies ist das Unterpflügen des Strohes oder strohigen Düngers, welche beide in den Böden der letzteren Jahre lang unverrottet im Boden liegen können, ohne demselben einverleibt zu werden. Es wurden diese werthvollen Abfälle deshalb in früheren Jahren in Kalifornien z. B. meistentheils verbrannt, um sie wegzuschaffen und zu verhindern, daß sie durch zu große Auflockerung des Bodens die Keimung und Bewurzelung der Kulturpflanzen beeinträchtigten. Die rasche Verbrennung erzielte in der That kein sehr verschiedenes Resultat von dem, welches im natürlichen Verlauf der Dinge nach Jahren durch «Eremakausis» zu Stande kommen würde. In der Regel könnte es nur in der kurzen kühleren Regenzeit überhaupt zur Humusbildung kommen.

Klimatische Verhältnisse nöthigen also den Landwirth der ariden Region, sein Stroh und seinen Dünger zuerst in Kompost zu verwandeln, ehe er sie auf sein Feld bringt; außer etwa, wenn er durch den Gebrauch der Bewässerung die ariden Bedingungen im Wesentlichen beseitigen kann, so daß das Stroh doch im Boden verwest. Die Kosten der Arbeit, die zu solcher Vorbereitung der Düngemittel erforderlich ist,

¹⁾ Es ergibt sich hieraus die Unzulässigkeit irgend einer Verbrennungsmethode zur Humusbestimmung, sofern dabei die unhumifizirten Pflanzenreste, über deren Verhältniß zu dem erdlichen Resultat wir gar keine Anhaltspunkte besitzen, als Humussubstanz in Anrechnung kommen. Nur die *Grandeau'sche* Methode der Humusbestimmung kann überhaupt allgemein maßgebende Resultate liefern. Wo in dieser Schrift von Humus die Rede ist, muß also ausschließlich *Grandeau's* «matière noire» verstanden werden.

beschränken hier in auffallender Weise die Benutzung der Nebenprodukte und Abfälle des landwirthschaftlichen Betriebs; und es entsteht daraus eine große Neigung zur Anwendung der Kunstdünger, die leichter eingebracht werden können und so eine Ersparniß der theueren Handarbeit ermöglichen. Daß übrigens die Durchlässigkeit der meisten Böden, sowie die hohe Sommertemperatur auch bei dem Gebrauch dieser in Betracht gezogen werden muß, ist einleuchtend. Um ihre beste Wirkung äußern zu können, müssen sie in größere Tiefen eingebracht werden, als räthlich wäre, wo die Ackerkrume nicht der völligen Austrocknung und oft bedeutenden Erhitzung während langer Sommertage ausgesetzt ist. Denn unter letzteren Umständen kann es leicht geschehen, daß die Wurzeln, indem sie der Richtung bester Ernährung nachwachsen, Gefahr laufen, der ariden Oberfläche allzu nahe zu kommen und so gerade im kritischen Zeitpunkt des Wehens heißer Winde unheilbaren Schaden zu leiden.

Obige Betrachtungen betreffen selbstverständlich hauptsächlich die für die ariden Regionen charakteristischen Bodenarten, nämlich die sandigen und feinpulverigen, welche das eigentliche Produkt des allgemeinen Bodenbildungsprozesses darstellen; und nicht die oben berührten Thonböden, die aus der Verwitterung oder Verschwemmung präexistirender thoniger Ablagerungen entstanden sind. In diesen letzteren werden die atmosphärischen Einflüsse durch die Undurchlässigkeit und die bedeutende Feuchtigkeitsabsorption so stark abgeschwächt, daß die Humusbildung unter weit günstigere Verhältnisse gestellt ist. Daher finden wir unter solchen Böden («black adobe») viele, die ebenso große Mengen Humus enthalten als ähnliche des humiden Mississippithales.

Sehr wenige charakteristische Böden des kalifornischen Hügellandes enthalten mehr als 0,40⁰/₀ Humussubstanz; die speziell für die Obstzucht bewährten «Mesa»-Böden zeigen meist unter 0,25⁰/₀, viele 0,18⁰/₀. In der humiden Region der Baumwollstaaten hingegen ist im Hügellande 0,75⁰/₀ der gewöhnliche Prozentsatz, und selbst die sandigen Föhrenböden enthalten selten weniger als 0,50⁰/₀. Da nun die Humussubstanz die Ablagerungsstelle jenes höchst wichtigen Bodenbestandtheils, des Stickstoffs, ist, dessen Ersetzung mehr Kosten verursacht als die aller andern, so ist diese Beziehung von hoher Wichtigkeit besonders da, wo wegen seiner Empfindlichkeit gegen Dürre der Klee nicht zur Gründüngung zu gebrauchen ist.

Noch weitere physikalische Eigenheiten der ariden Länder können erst unten besprochen werden.

IV. Einfluß klimatischer Bedingungen auf die chemischen Prozesse im Boden und auf dessen Zusammensetzung.

Die bei der Bodenbildung beteiligten chemischen Prozesse, die auch im Boden selbst noch fort dauern, hängen so innig mit der physikalischen Natur derselben zusammen, daß sie z. Th. nothwendigerweise bei der Besprechung der letzten Erwähnung gefunden haben. Ihre Beziehungen zu dem Klima bedürfen nun noch der eingehenderen Erörterung.

Der Auslaugungsprozeß. Einer der wesentlichsten, von reichlichem Regenfall abhängigen Wirkungen ist die laufende Auslaugung der löslichen Alkalisalze, hauptsächlich derjenigen des Natriums, und bis zu einem gewissen Grade auch des Kaliums. Gleichzeitig werden auch andere lösliche Salze, besonders die Sulfate und Chloride des Calciums und Magnesiums, und örtlich andere Substanzen (Borate, Phosphate) mit ausgewaschen. Diese Substanzen gehen gewöhnlich zuerst in die Quellwässer und durch diese und die von ihnen gespeisten Bäche und Flüsse in das Meer oder in geschlossene Binnenseen über (s. o.).

In den regenarmen Regionen hingegen bleiben diese Salze, je nach der Menge und der Vertheilung des Regenfalles, zum größeren oder geringeren Theil im Boden zurück; auch werden sie in Folge der natürlichen Bewegung des Wassers im Allgemeinen sich in den tieferen Bodenlagen mehr anhäufen als im Hügellande.

Vor der eingehenderen Betrachtung der Wirkung dieses Zurückhaltens der löslichen Salze ist es nöthig, den Einfluß des Klimas auf einen anderen Stoff zu besprechen, nämlich Calciumkarbonat (Kalkkarbonat) oder kohlensauren Kalk, der im gewöhnlichen Leben als Marmor, Kalkstein und Kreide bekannt ist.

Löslichkeit des Kalkkarbonates. Obgleich der kohlensaure Kalk in der Form der obigen Gesteine als in Wasser unlöslich gilt, so ist er doch in dem Wasser des Bodens, das immer mehr oder weniger freie Kohlensäure enthält, löslich genug, um wesentlich an dem oft berührten Auslaugungsprozess theilzunehmen. Das auffallendste Beispiel dieser Löslichkeit ist die Bildung der Kalksteinhöhlen und der darin vorkommenden Tropfsteingebilde. Obgleich viel weniger löslich als die

Salze des Kaliums, Natriums und Magnesiums, und auch weniger als Gyps (Kalksulfat), so wird doch das Kalkkarbonat im Allgemeinen stets aus dem Obergrund in den Untergrund, und aus dem Hügelland in die Thäler hinabgeführt. Es sollte also im Allgemeinen der Untergrund stets daran reicher sein als die aufliegende Ackerkrume, und ebenso der Thalboden reicher als das anliegende Hügelland. Wenn man viele Analysen vergleicht, so findet sich diese Erwartung insofern bestätigt, als in der großen Mehrzahl der Fälle der Untergrund mehr in Säuren leicht löslichen Kalk enthält als die Ackerkrume. Da aber die letztere der Verwitterung weit mehr unterliegt als der Untergrund, so kann es vorkommen, daß erstere zu gewisser Zeit mehr wirkliches Karbonat enthält als der letztere. Diese Zeit ist der Spätsommer, wo (wie *Storer* zuerst angegeben hat) die Sommerbrache aus anderen Verbindungen Kalkkarbonat gebildet hat — ein höchst wesentlicher Theil der Wirkung derselben. Die Herbst- und Winterregen aber führen diesen Theil des Kalkes wieder in den Untergrund, so daß im Frühjahr die obere Bodenschicht oft nur mehr Spuren des Karbonats enthält.

Es folgt aber daraus die Voraussetzung, daß in ariden Klimaten, wo der Regenfall nicht einmal ausreicht, um die leicht löslichen Alkalisalze auszulaugen, a fortiori das Kalkkarbonat sich noch mehr anhäufen muß. Wir müssen also erwarten, daß die Böden der Region westlich von dem 100. Längengrade, wo in Nordamerika die Regenmenge meistentheils unter 500 mm liegt, und im Allgemeinen die Böden aller regenarmen Länder reicher an Kalkkarbonat sein werden als die der humiden Regionen, besonders derjenigen, die während eines warmen Sommers häufige Regen haben. Denn unter den letzterwähnten Bedingungen ist die Gährung resp. Eremakausis der Pflanzenreste und des Humus im Boden sehr lebhaft, und die dadurch gebildete größere Menge von Kohlensäure wird unter Mitwirkung des Wassers stark auflösend auf das Kalkkarbonat wirken. Ist nun der Regen reichlich genug, so wird diese Lösung durch den Boden hindurch in das Grundwasser geführt werden.

Man sieht oft schlagende Beispiele dieses Prozesses im Falle von Böden, die entweder von Natur sehr kalkreich sind oder durch Kalken oder Mergeln einen Ueberschuß an Kalkkarbonat erhalten haben, und dabei drainirt sind. Nach Jahren findet man häufig die Drainröhren

inwendig mit Kalkkarbonat überzogen; und wo die Neigung derselben etwas schwach ist, werden kleinere Röhren zuweilen durch Absatz von Kalksinter resp. Tuff völlig verstopft. Diese Erscheinung ist der Bildung von Tuff und Tropfstein in Kalksteinhöhlen völlig analog; sie beruht auf dem Entweichen des Kohlensäuregases aus der Lösung, sobald dieselbe der Luft ausgesetzt wird, wonach dann der aufgelöste Kalk sich niederschlagen muß.

Wir müssen also erwarten, daß in der Region der Sommerregen die Böden des Hügellandes relativ arm an Kalk sein werden; sofern dieselben nicht etwa von einer Kalkformation direkt unterlagert werden, oder aus einer solchen gebildet worden sind, so daß der Kalkgehalt überwiegend groß ist oder laufend ersetzt wird. Solche Böden sind es z. B., welche die «Prairiesen» des Mississippithales, den Löß, die Kreideformationen Europas u. s. w. bedecken. Da nun der Kalk ein außerordentlich wichtiger Bodenbestandtheil ist, der in auffallender Weise die Produktionsfähigkeit des Bodens bedingt, so ist es in den regenreichen Regionen der gemäßigten Zonen zum Sprichwort geworden, daß «Kalksteinland reiches Land» ist¹⁾. Dies ist wohl ausnahmslos richtig, solange der in Rede stehende Kalkstein nicht zu rein ist, wie das in Nordamerika meistens der Fall ist; während die Engländer nicht selten von «armem Kreideboden» reden.

Aber in der ariden Region giebt es keinen solchen Unterschied, und das Sprichwort ist vergessen. Dies kann nicht anders sein, sofern, wie oben berührt, Kalkkarbonat sich beständig in den Böden anhäuft, so daß bei schon vorhandenem Ueberschuß desselben die Verbindung mit einer Kalkformation ihre Bedeutung verloren hat.

Diese Auslaugung und Verwaschung des Kalkkarbonates ist sowohl theoretisch wie praktisch von so großer Wichtigkeit durch den hervorragenden Einfluß, den es auf die Bodenkraft, sowie auf die landwirthschaftliche Praxis sowohl der humiden als der ariden Region ausübt, daß eine etwas eingehendere Betrachtung desselben um so mehr am Platze ist, als bisher meines Wissens diese Verhältnisse noch nie vollständig zusammengestellt worden sind.

Zu dem vergleichenden Studium derselben ist vor Allem eine umfassende Vergleichung der Böden der beiden klimatischen Regionen nothwendig.

¹⁾ «A limestone country is a rich country.»

Ich habe daher alle zu diesem Zweck dienlichen Bodenanalysen aus den Vereinigten Staaten zusammengestellt, sofern dienliche, nach einheitlicher Methode angestellte allgemeine Bodenuntersuchungen aus keinem andern Lande vorliegen.

Vergleichung der Böden der ariden und humiden Regionen der Vereinigten Staaten. Alle Analysen, auf welche die untenstehende Tabelle gegründet ist, einzeln anzuführen, würde die nothwendigen Grenzen dieser Abhandlung weit übersteigen. Da die meisten derselben im Druck erschienen sind, meist auch in offiziellen Berichten, die nicht schwer zugänglich sind, so sind unten Hinweise auf die Quellen gegeben. Nur in Bezug auf die Böden der Staaten Washington und Montana liegt nichts Gedrucktes vor; die Resultate sind im Manuskript in den Händen des Verfassers seit der bedauerlichen Aufhebung des «Northern Transcontinental Survey», der von 1880 bis 1883 unter den Auspizien der Nord-Pacific-Bahn im Gange war.

Auswahl der zur Vergleichung dienenden Daten. a. Analytische Methoden. Da es bei solchen Vergleichen unumgänglich nöthig ist, daß bei den Analysen völlig gleiche Methoden angewendet worden seien, so habe ich nur diejenigen zugezogen, bei welchen dies ganz sicher ist, nämlich die verschiedenen Serien, die bislang unter meiner Leitung gemacht wurden, und die, welche unter der von *David Dale Owen* und seit dessen Tode von Dr. *Robert Peter*, dem ehrwürdigen Chemiker der geologischen Aufnahmen von Kentucky und Arkansas, ausgeführt wurden. Einige andere Daten, die in den Berichten anderer Staaten sich finden, sind wegen Unsicherheit in dieser Hinsicht ausgeschlossen worden.

b. Böden, die von kalkreichen Formationen abstammen, sind beiderseits von der Vergleichung ausgeschlossen worden. — Es ist klar, daß, wenn man alle Bodenarten, die von Kalkformationen deriviren, mit in die Vergleichung hineinbrächte, die klimatischen Einflüsse in dieser Hinsicht verdüstert werden würden, um so mehr, da das Mittel dann von der zufälligen Wahl vieler solcher Böden zur Analyse abhängen würde. Der Staat Tennessee mag zum Beispiel dienen. Es liegen uns von dort 17 Bodenanalysen vor, die im Jahre 1880 im Zusammenhang mit der damaligen Volkszählung ausgeführt wurden¹⁾. Alle

¹⁾ Report of the tenth census of the United States. Cotton Production. Vol. 5.

diese Analysen aber beziehen sich auf Böden von Kalkformationen, welche die landwirthschaftlich wichtigsten Distrikte jenes Staates unterlagern. Aus diesem Grunde erscheint Tennessee nicht in der untenstehenden Aufzählung der Baumwollstaaten; und aus gleichem Grunde ist ein großer Theil der von Dr. *Peter* in Kentucky gemachten Analysen ausgeschlossen geblieben, weil sie sich auf bekannte Kalksteinregionen beziehen.

Aus demselben Grunde konnten von 141 Analysen der Böden von Arkansas nur 38 zur Vergleichung zugelassen werden. In diesem Fall, sowie auch in dem von Mississippi und Louisiana, ist es hauptsächlich die große Anzahl der von dem kalkreichen Löß und Port-Hudson-Formationen abstammenden Thalböden, welche die meisten Ausschlüsse veranlassen.

Im Staate Mississippi sind die Böden der Prairien, welche die Oberfläche der kalkreichen Kreide- und Tertiärformationen bilden, ferner die thonigen Thalböden der Mississippi-Niederung (Yazoo Bottom), die direkt von den Kalknieren führenden Thonlagern der Port-Hudson-Etage abstammen, ausgeschlossen worden. Nicht aber die modernen Anschwemmungsböden jener Niederung, noch auch die der Ströme und Bäche des Hügellandes, noch die dem Löß auflagernden Lehmböden, obgleich diese etwas von dem Material des ersteren eingemengt enthalten. Im Ganzen sind so von 130 Analysen 33 ausgeschlossen worden.

Von 25 Analysen der Louisiana-Böden sind 7 ausgeschlossen wegen direkter Verbindung mit Löß oder Port-Hudson-Schichten.

Von 40 Analysen der Böden von Texas sind nur 7 von nicht-kalkigem Areal, und diese 7 vertheilen sich in unsicherer Weise über den Grenzstrich zwischen der humiden Region des Golfes von Mexiko und der ariden des Rio Grande del Norte. Sie blieben daher ausgeschlossen, wie auch die wenigen Analysen, die von dem Indianer-Territorium (am Red River) vorliegen.

Von 56 Analysen der Böden Alabamas sind nur 6, welche wohlbekannten «Prairie»-Distrikten angehören, vom Mittel ausgeschlossen.

Alle mir bekannten Analysen der Böden Floridas (7) sind in die Vergleichung hineingezogen.

Von 60 Analysen der Böden von Georgia wurden 17, welche wohlbekannte Kalksteindistrikte des nordwestlichen Theiles repräsentiren, ausgeschlossen; ebenso 3 aus der Tertiärregion.

Alle hinlänglich genauen Analysen der Böden von Süd-Carolina sind mit inbegriffen; ebenso die von Nord-Carolina, mit Ausnahme der von der geologischen Aufnahme des Staates veröffentlichten, weil über die Methode der Analyse nichts Bestimmtes vorlag und dieselbe anscheinend von der hier als Norm angenommenen abwich.

Ganz dasselbe Prinzip der Ausschließung ist auch bei den Böden der ariden Region in Anwendung gebracht worden, welche der größten Zahl nach aus Kalifornien, Washington und Montana stammen. Es ist Geologen wohlbekannt, daß diese Staaten sehr arm an Kalksteinformationen sind, so daß es oft schwer hält, den zu industriellen Zwecken nöthigen Kalk zu beschaffen. Es ist zwar richtig, daß die Kreide- und Tertiärformation zum Theil mehr oder weniger Kalkkarbonat enthalten und bei der Verwitterung ein etwas kalkhaltiges Material liefern können. Aber dasselbe findet auch in vielen Theilen der humiden Region statt, die dennoch nicht von der Vergleichung ausgeschlossen wurden. Es ist auch hier in allen Fällen, wo der Verdacht der Mitwirkung einer besonders kalkreichen Formation vorlag, die Analyse ausgeschlossen worden; und aus demselben Grunde wie im Fall der Thonböden des Mississippi-Thales (s. o.) sind auch im kalifornischen Thal die entsprechenden Böden (die übrigens viel kalkreicher sind) außerhalb der Vergleichung geblieben. Von 236 Analysen kalifornischer Böden sind hiernach 38 ausgeschlossen worden.

Von 80 Analysen der Böden des Staates Washington wurden 4, die ungewöhnlichen Kalkgehalt zeigten, nur auf den Verdacht hin ausgeschlossen. In den übrigen steht der Kalkgehalt so einförmig zwischen 1 und 2 Prozent, daß keine Grundlage zu einer Unterscheidung vorliegt, um so mehr, da überhaupt dort fast keine kalkigen Formationen vorkommen, sondern hauptsächlich schwarze Eruptivgesteine, die gewöhnlich als Basalte bezeichnet werden.

In dem Falle Montanas sind 14 unter 40 Bodenarten ausgeschlossen worden, theils auf bloßen Verdacht hin, theils auch wegen bekannten Vorkommens in der Nähe von Kalkformationen. So im Fall des Nordrandes des Judith-Basin, wo die Bergkette der «Big Snowies» ausnahmsweise aus wirklichem Kalkstein besteht.

Es ist sonach der Grundsatz, auf dem die Ausschließung beruht, mit möglichster Gleichmäßigkeit und Unparteilichkeit auf die Daten beider

Regionen angewendet worden; und ich darf wohl annehmen, daß die aus der Vergleichung der arithmetischen Mittelzahlen sich ergebenden Schlüsse so viel Vertrauen verdienen als irgend eine Vergleichung vieler numerischer Beobachtungen, die nicht zu dem speziellen Zweck, zu dem sie herangezogen werden, gemacht worden sind.

In der Tabelle ist für jeden Staat zuerst die Zahl der Analysen angegeben, aus denen die Mittelzahlen in den nachfolgenden Kolonnen berechnet worden sind. Aus diesen Mittelzahlen wurden dann durch Summierung und nachfolgende Division das große Mittel für jede der zwei Regionen auf zwei verschiedene Arten berechnet; nämlich einerseits durch Division der Totalsummen mit 466 für die humide und 313 für die aride Region; andererseits durch Berechnung der Mittelzahlen für jeden einzelnen Staat und nachherige Division mit der Anzahl der betreffenden Staaten. Die letztere Betrachtungsweise rechtfertigt sich durch den Umstand, daß in den meisten Fällen die analysirten Böden eines jeden Staates als repräsentative ausgewählt wurden und daher z. B. im Falle der 7 Analysen aus Florida ebensoviel ins Gewicht fallen sollten als die viel größere Zahl, die zufälligerweise aus dem nicht viel größeren Staate Alabama zu Gebote standen. Auch ein flüchtiger Blick zeigt, daß, wenn auch die verschiedene Berechnungsweise die Ziffern etwas abändert, dennoch das allgemeine Resultat ganz dasselbe bleibt.

In einigen Fällen gründen sich die Mittelzahlen für denselben Staat nicht ganz auf dieselbe Anzahl von Analysen. Dies kommt von der zeitweiligen Unterlassung einer oder der anderen Bestimmung, was besonders für die «lösliche Kieselsäure» deshalb öfters zutrifft, weil ich im Anfange der Arbeiten die Wichtigkeit dieser Bestimmung noch nicht erkannt hatte. Dieselbe fehlt demnach ganz in den von *Peter* für Kentucky und Arkansas ausgeführten Analysen, sowie auch in meinen älteren Arbeiten in Mississippi. Es erklärt sich so der Umstand, daß in manchen Fällen die Summen der Zahlen der zweiten und dritten Kolonnen nicht, wie dies sonst sein sollte, genau gleich denen der vierten Kolonne sind.

Um die Daten so viel als möglich zu vervollständigen, sind noch einige Analysen von Böden in Colorado, Neu-Mexiko und Utah beigelegt, welche zur Feststellung ihrer Tauglichkeit für Zuckerrüben-Kultur von Herrn *Hubert P. Dyer* in dem Laboratorium der Kalifornischen Versuchsstation ausgeführt wurden. Unter den aus diesen Analysen sich

ergebenden Mittelzahlen befinden sich diejenigen aus neun Analysen der Böden der Kulturversuchsstationen des Staates Wyoming, die in dem Laboratorium der Zentralstation zu Laramie ausgeführt wurden. Dieselben sind wegen einiger Abweichungen in der analytischen Methode nicht in die allgemeine Tabelle eingeführt worden; auch sind die gleichzeitig gemachten Untergrunds-Analysen ausgeschlossen worden, weil dieselben außerordentlich hohen Kalkgehalt zeigen, trotzdem daß bei ihrer Bildung hauptsächlich rothe Sandsteine und Granite betheiligt gewesen sind. Bei allem dem erhärten auch diese Daten ganz dieselben allgemeinen Züge, welche die Böden der Staaten Montana, Washington und Kalifornien kennzeichnen.

Litteraturnachweise für die Analysen.

Für Nord- und Süd-Carolina, Georgia, Florida und Alabama Report of the U. S. Census for 1880, Vol. 6.

Für die Staaten Mississippi, Louisiana und Arkansas, *ibid.* Vol. 5; aus den Berichten der geologischen Aufnahmen derselben Staaten und theilweise aus noch nicht veröffentlichten Manuskripten.

Für Kentucky die Berichte der geologischen Aufnahme des Staates seit 1856; Analysen von Dr. *Robert Peter*, Chemiker der Aufnahme.

Für Kalifornien die Berichte der Versuchsstation der Staats-Universität seit 1877.

Für Washington und Montana die noch im Manuskript befindlichen Resultate der Aufnahmen des «Northern Transcontinental Survey», die unter den Auspizien der Nord-Pacific-Bahn 1880 bis 1883 ausgeführt wurden.

Für Utah, Neu-Mexiko und Colorado die noch unveröffentlichten Arbeiten des Herrn *Hubert P. Dyer*, Chemiker der «Utah Beet Sugar Company», Lehi, Utah.

Für Wyoming Bulletin Nr. 6 der Versuchsstation dieses Staates, d. D. May 1892.

Staaten.	Anzahl der Analysen.	Unlöslicher Rückstand.	Lösliche Kieselsäure.	Summe der Vorigen.	Kali.	Natron.	Kalk.	Magnesia.	Manganoxydhydrat.	Eisenoxyd.	Thonerde.	Phosphorsäure.	Schwefelsäure.	Wasser u. org. Stoffe.	Summe.	Hygroskopische Feuchtigkeit.	Temperatur der Absorption, °C.	Lösliche Phosphorsäure.	Humus.	Kohlensäure.
Nord-Carolina .	20	81,627	3,505	85,133	0,145	0,057	0,088	0,080	0,071	4,718	5,713	0,118	0,061	3,977	100,163	4,282	21,1	—	—	—
Süd-Carolina .	11	83,493	3,425	86,919	0,123	0,059	0,114	0,155	0,083	2,771	5,709	0,097	0,108	3,899	100,039	4,228	23,6	—	—	—
Georgia . . .	40	86,066	2,887	88,954	0,150	0,065	0,076	0,099	0,090	2,751	4,018	0,111	0,096	3,619	100,029	3,541	17,0	—	4,383	—
Florida . . .	7	94,277	1,172	95,449	0,101	0,034	0,091	0,027	0,077	0,749	1,169	0,091	0,069	2,274	100,136	2,204	24,4	—	—	—
Alabama . . .	50	81,576	4,893	86,469	0,231	0,073	0,163	0,210	0,120	3,814	2,699	0,134	0,053	4,039	100,011	7,066	20,2	—	—	—
Mississippi . .	97	85,870	4,391	89,714	0,276	0,109	0,145	0,312	0,137	2,643	4,069	0,091	0,029	3,331	100,176	5,410	15,4	—	0,680	—
Arkansas . . .	38	—	—	88,539	0,165	0,056	0,081	0,430	0,205	3,099	3,511	0,150	0,045	3,704	99,931	2,473	—	—	—	—
Kentucky . . .	185	—	—	86,719	0,199	0,104	0,081	0,193	0,197	6,008	3,523	0,109	0,038	3,691	100,862	1,845	—	—	—	—
Louisiana . . .	18	78,393	6,837	85,231	0,290	0,086	0,163	0,379	0,153	4,543	5,667	0,129	0,087	3,480	100,261	6,656	24,5	—	—	—
Für die humide Region . . .	466	84,031	4,212	87,687	0,216	0,091	0,108	0,225	0,133	3,131	4,296	0,113	0,052	3,644	100,178	4,650	18,5	—	2,39	—
Mitteln. Staaten	—	84,472	3,873	88,126	0,187	0,071	0,112	0,209	0,126	3,455	4,008	0,114	0,065	3,557	100,093	4,189	20,9	—	2,53	—
Kalifornien . .	198	67,882	8,960	76,842	0,644	0,277	1,075	1,488	0,062	6,303	8,721	0,083	0,048	4,396	100,048	5,925	15,0	0,03	1,040	1,148
Washington . .	76	75,021	3,673	78,696	0,777	0,249	1,378	1,171	0,049	5,530	6,063	0,173	0,028	5,226	99,952	5,941	—	—	1,155	0,403
Montana . . .	39	66,141	6,235	72,376	1,005	0,226	2,483	1,494	0,057	4,459	7,145	0,178	0,029	7,133	99,935	8,712	—	—	3,321	2,398
Für die aride Region . . .	313	70,565	7,266	76,135	0,729	0,264	1,362	1,411	0,059	5,752	7,888	0,117	0,041	4,945	99,993	6,281	—	—	1,839	1,316
Mitteln. Staaten	—	69,681	6,289	75,652	0,825	0,251	1,645	1,384	0,056	5,431	7,309	0,144	0,035	5,585	99,978	6,859	—	—	1,830	1,316
Utah	4	74,40	7,50	81,90	0,84	0,32	1,59	0,96	0,03	6,41	3,15	0,192	0,031	4,14	99,563	—	—	—	—	0,53
New-Mexico . .	1	63,20	7,32	70,52	0,732	0,176	10,060 ¹⁾	1,007	0,020	4,031	2,560	0,103	0,082	3,197	99,849	—	—	—	—	-7,36
Colorado . . .	1	69,61	11,12	80,73	0,964	0,113	0,706	0,845	0,006	6,640	5,560	0,090	0,033	4,430	100,117	—	—	—	—	—
Mittel der sechs Analysen . . .	—	68,74	8,65	77,72	0,845	0,203	0,882	0,937	0,010	5,670	3,757	0,128	0,049	3,922	99,843	—	—	—	—	—
Wyoming . . .	9	75,79	2,45	78,24	0,72	0,47	2,67	1,45	—	3,32	5,85	0,18	0,10	4,79	99,69	—	—	—	—	1,90

¹⁾ Nicht in dem Mittel mit inbegriffen.

Diskussion der vorstehenden Tabelle.

Kalk. Betrachtet man in vorstehender Tabelle vorerst den so höchst wichtigen Kalkgehalt, so zeigt ein Blick auf die Mittelzahlen für die zwei Regionen einen sehr auffallenden und augenscheinlich wesentlichen Unterschied, der in dem allgemeinen Mittel durch das Verhältniß 1 : 12, in dem Mittel nach Staaten durch 1 : 14,5 auszudrücken ist. Dieser Unterschied ist so groß, daß keine zufälligen Irrthümer in der Auswahl oder Analyse der Böden den daraus entfließenden allgemeinen Schluß gefährden können, daß die Böden der ariden Region als solche weit reicher an Kalk sind als die der humiden; ein Schluß, der ja, wie oben erörtert wurde, theoretisch auf der Hand liegt. Ueberdies trifft es sich, daß in dem vorliegenden Fall, was die in den betreffenden Landstrichen vorwiegenden Gesteine betrifft, der Unterschied gerade in die entgegengesetzte Richtung fallen sollte, sofern, wie oben bemerkt, Kalksteinformationen in der humiden Region vorherrschend sind, während sie in der ariden, besonders an der pazifischen Küste, so selten sind, daß es schwer hält den für Bauwerke nöthigen Kalk zu beschaffen. In Washington finden sich äußerst kalkreiche Böden gerade in dem Theil des Staates, wo weit und breit ausschließlich schwarzer Basalt ansteht, und eben solche kalkreiche Böden finden sich in Kalifornien als Zersetzungsprodukte von Dioriten, Graniten und Laven.

Man kann nicht leicht die Wichtigkeit dieser Eigenheit des Bodens der ariden Region überschätzen; sie ist auch eng verknüpft mit andern sowohl theoretisch als praktisch wichtigen Thatsachen, die weiter unten besprochen werden.

Wenn nun der volksthümliche Ausspruch, daß «ein Kalksteinland ein reiches Land» ist, sich in der humiden Region fast ausnahmslos bestätigt, und wenn, wie dies die obige Tabelle zu erhärten scheint, die Böden der ariden Region im Allgemeinen so viel Kalk enthalten, als überhaupt zur Herstellung der gewünschten Bodenbedingungen nöthig oder ersprießlich ist¹⁾, so folgt daraus, daß, wenn in der ariden Region die

¹⁾ Es ist hierbei zu bemerken, daß die in den Lehrbüchern für «Kalkböden» postulierte Kalkmenge («Aufbrausen mit Säuren») wesentlich größer ist, als in der Natur zur Erreichung der wünschenswerthen landwirthschaftlichen und vegetativen Eigenschaften, die von dem Kalkgehalt abhängen, sich nothwendig zeigt. Ueberdies werden in leichten, sandigen Böden dieselben Vortheile schon bei viel kleinerem

mangelnde Feuchtigkeit durch Bewässerung ersetzt wird, diese Länder im Allgemeinen fruchtbarer sein sollten als die der reichlichen Sommerregen.

Es scheint mir, daß die Erfahrung diese Induktion völlig bestätigt, und daß im Allgemeinen «arme» Böden in der ariden Region viel weniger häufig sind als in der humiden. Landwirthschaftlich zu reden sind eben alle Böden der ersteren von Natur aus «gemergelt»; und es kann dort im Ganzen erfahrungsgemäß ein kleineres Areal eine Familie ernähren.

Der Pflanzenwuchs der Thäler und des Hügellandes in der humiden und ariden Region. In den Regionen der Sommerregen findet man immer bedeutende Unterschiede zwischen dem natürlichen Pflanzenwuchs der Thäler und des Hügellandes, die sich nicht aus den Feuchtigkeitsverhältnissen allein erklären lassen. Betrachten wir die betreffenden Floren im Einzelnen, so ergibt sich, daß der charakteristische Unterschied im Allgemeinen in einem Vorherrschen kalkliebender Pflanzen in dem Thallande besteht. Als Gegenprobe ergibt die Beobachtung, daß, wo das Hügelland selbst stark kalkhaltig ist, ein Theil der sonst auf das Thalland beschränkten Vegetation in das Hügelland hinaufsteigt. So z. B. ist der Tulpenbaum (*Liriodendron tulipifera*) in dem größten Theil der von demselben bewohnten Region für das Thalland charakteristisch. Aber in dem Hügelland der Lößregion des unteren Mississippi, sowie in dem hügeligen Landstrich der Kreideformation derselben Gegenden, findet sich der Tulpenbaum ohne Unterschied sowohl im Hochland als im Tiefland. Ganz dasselbe ist hinsichtlich des Wallnußbaumes, der Linde, *Magnolia grandiflora*, des Sassafras u. a. kalkliebender Bäume und Sträucher zu bemerken. Wo diese im Hügelland häufig vorkommen, ist Kalkboden angezeigt.

In der ariden Region hingegen beschränkt sich der Unterschied zwischen den Hoch- und Tieflandfloren im Wesentlichen auf Pflanzen, welche für Feuchtigkeitsunterschiede besonders empfindlich sind. Als Gegenprobe dient hier die Thatsache, daß, sobald künstliche Bewässerung diese Unterschiede aufhebt, die Thalfloren, soweit sie überhaupt abweichen,

Kalkgehalt erreicht als bei schweren Thonböden. Siehe Report of the 10th Census of the United States, Vol. 5, p. 64; auch Rep. on the Agr. Experiment Stations of the University of California, 1890, p. 166.

ohne Weiteres im Hügellande sich zeigen. Diese natürliche Einförmigkeit der Vegetation zeigt sich sehr auffallend in den etwas artenarmen Floren des pazifischen Nordwestens — im östlichen Oregon und Washington, sowie in Montana. Dort kann man Tage lang reisen, ohne irgend wesentliche Veränderungen der Floren zu beobachten, besonders in der trockenen Jahreszeit. Da dort eben Hoch- und Tiefland gleich kalkreiche Böden besitzen, so ist keine Ursache für bedeutende Unterschiede zu ersehen.

Bildung von Kalktuff in dem Untergrunde. Es ist oben erwähnt worden, daß im Allgemeinen der Untergrund kalkreicher ist als die Ackerkrume, weil das durchsickernde Regenwasser das Kalkkarbonat auflöst, welches dann bei Aufhören des Regens durch die nachfolgende Luft theilweise wieder aus der Lösung niederfällt und sich so im Untergrund anhäuft. Auch in der Region der Sommerregen wird diese Anhäufung bisweilen so stark, daß sich weiße oder graue Konkretionen von unreinem Kalkkarbonat im Untergrund bilden; doch ist es dort selten der Fall, daß dadurch derselbe zu einer Tuffmasse erhärtet wird.

In der ariden Region hingegen dringt das Regenwasser selten in größere Tiefen; es benetzt den Boden auf etwa 1 bis 1,5 m, und aus dieser Tiefe steigt dann das Wasser kapillar wieder aufwärts und verdunstet an der Oberfläche. So häuft sich denn das aufgelöste Kalkkarbonat nach und nach in einer ziemlich begrenzten Bodenzone an, nämlich in der Tiefe, zu der der jährliche Regenfall gewöhnlich durchdringt. Zugleich setzt sich hier auch die etwa diffundirte Thonsubstanz ab, und es wird so in geringer Tiefe (0,60 bis 1,5 m) der Untergrund oft zu einer Tuffmasse verkittet, die mit Säuren mehr oder weniger stark aufbraust, und dicht genug ist, um dem Durchgang des Wassers und der Pflanzenwurzeln ein wesentliches Hinderniß zu bieten, beziehungsweise es ganz zu verhindern.

Diese Tuffschichten sind in der Regel nur auf kurze Strecken zusammenhängend; dieselben bilden meist ovale bis langgestreckte Massen, die nach der Mitte oder Axe zu etwas vertieft sind. Bei außergewöhnlich reichlichem Regenfall oder bei der Bewässerung kennzeichnen sich solche Stellen oft durch die Bildung seichter Pfützen oder kleiner Teiche, welche in der Axe der Ablagerung die größte Tiefe zeigen. Eine solche Ansammlung des Wassers vermehrt natürlich mit der Zeit die Dichtig-

keit und Dicke der Tuffmasse, sofern durch die dabei stets stattfindende Gährung pflanzlicher Stoffe wieder mehr Kalkkarbonat aufgelöst, und danach im Untergrund abgesetzt wird.

Solcher verhärtete Untergrund ist den Landwirthen der ariden Regionen überall wohlbekannt; er findet sich von den Felsengebirgen bis zur pazifischen Küste (vulgo «hardpan»), und im nordwestlichen Indien vom Ganges bis zum Indus, wo er als «Kankar» der Bebauung an sich äußerst fruchtbarer Landstrecken oft schwer zu überwindende Schwierigkeiten bereitet. Dies ist um so mehr der Fall, weil der indische Kankar öfter, als dies im Westen Nordamerikas der Fall ist, sich zu einem harten, krystallinischen, wenn auch sehr unreinen Kalkstein gestaltet, der nur für Brecheisen durchdringlich ist. Nach Regengüssen oder Bewässerung bleibt natürlich das Wasser auf solchen Flächen hartnäckig stehen und verdirbt so alle auf denselben befindlichen Kulturpflanzen. Derselben Schwierigkeit begegnet man auch in einigen Gegenden des «großen Thales» von Kalifornien, besonders wo feinpulverige Böden vorherrschen, weniger häufig, wo dieselben grobsandiger Natur sind. In bündigem Thonboden (Adobe) sind, wie zu erwarten steht, solche Bildungen auch häufig; doch sind dieselben in der Regel weniger hart und undurchlässig als in feinpulverigen Böden, und nach dem Aufpflügen verkrümeln sie bald unter dem Einfluß der Luft, bei Drainirung auch in dem Boden selbst, und sind daher weit weniger schädlich und unschwierig zu beseitigen.

Es mag hier erwähnt werden, daß die Landwirthe der betreffenden Landstriche schon jetzt gelernt haben, daß jener Kalktuffuntergrund entweder durchstoßen oder zersprengt werden muß, wenn Kulturpflanzen gedeihen sollen, und daß hierzu sowohl Meisel als Sprengpulver, je nach Umständen, zur Anwendung kommen.

Magnesiagehalt der Böden der ariden und humiden Regionen. Obgleich der Unterschied zwischen den Böden der beiden klimatologischen Abtheilungen sich am hervorragendsten in dem Kalkgehalt ausprägt, so zeigt doch die nahverwandte Magnesia auch wohlbezeichnete und beständige Abweichungen in derselben Richtung. Es ergiebt sich bei Betrachtung der Tabelle, daß in dem atlantischen (humiden) Gebiet der Magnesiagehalt im Durchschnitt ungefähr doppelt so hoch ist als der des Kalkes; nur in Florida zeigt sich das Mittel (von 7 Analysen)

etwas niedriger als das des letzteren. In der ariden Region hingegen ist die Mittelzahl für Magnesia fast gleich der für Kalk, bei dem nach Staaten berechneten Mittel sogar etwas höher. Es berechnet sich darnach das Verhältniß zwischen beiden Regionen für Magnesia gleich 1 : 6 oder 1 : 7; wiederum ein so großer Unterschied, daß er nicht etwa zufällig sein könnte. Wir kommen demnach zu dem Schluß, daß die klimatischen Einflüsse auf die Magnesia ganz analog wie auf Kalkerde wirken, was bei der Aehnlichkeit des Verhaltens beider Erden gegen Kohlensäure a priori zu erwarten stand. Da indessen, soweit wir wissen, der Magnesiagehalt des Bodens keinen so hervorragenden Einfluß übt, wie dies beim Kalk der Fall ist, so ist dieses Verhältniß von minderer praktischer Bedeutung.

Einfluß des Klimas auf den «unlöslichen Rückstand».

Wenn wir bei der Betrachtung der durch die Tabelle versinnlichten Thatsachen den Umstand berücksichtigen, daß der Hauptunterschied zwischen den Bodenbildungsprozessen der beiden klimatischen Abtheilungen auf die Gegenwart oder Abwesenheit des allgemeinen Auslaugeprozesses zurückzuführen sind, bei welchem das kohlensäurehaltige Wasser des Bodens als Lösungsmittel wirkt, und wenn wir weiterhin berücksichtigen, daß der Quarz resp. Kieselsäure den schwerlöslichsten Theil der Bodenmasse darstellt: so wäre zu erwarten, daß derselbe *caeteris paribus* sich in den Böden der humiden Region mehr anhäufen müsse als in den der ariden, wo der Auslaugeprozeß ganz oder theilweise wegfällt. Der «unlösliche Rückstand» der Tabelle repräsentirt nun die sandigen resp. staubigen, unlöslichen Mineraltheile des Bodens.

Betrachten wir die für diese Bestandtheile in der Tabelle gegebenen Mittelzahlen, so ergibt sich sowohl für die betreffenden Regionen als ganze, wie auch für jeden einzelnen Staat derselben, daß obige Voraussetzung in schlagender Weise sich bestätigt, indem das Verhältniß sich auf ungefähr 70⁰/₀ in der ariden Region gegen 84⁰/₀ in der humiden Region Nordamerikas feststellt.

Wir sind sonach zu der Annahme gezwungen, daß der Auslaugungsprozeß auch andere Bodenbestandtheile als Kalk und Magnesia derart beeinflußt hat, daß dieselben in der ariden Region in größerer Menge als in der humiden mit dem Quarzsand zurückgeblieben sind und so dessen Prozentgehalt herabdrücken. Denn bei dem ungeheueren Areal

und der unendlich verschiedenen geologischen Abstammung, die bei den 791 hier zugezogenen Bodenarten in Mitwirkung gekommen sind, kann auch hier wohl von irgend wesentlichem Einfluß des Zufalls kaum die Rede sein. Es fragt sich, welche Bestandtheile hauptsächlich bei dem Zustandekommen dieses Prozentunterschiedes mitwirken.

Kieselsäure und Thonerde. Daß bei dem Begriff des «unlöslichen Rückstandes» hauptsächlich die Kieselsäure (nebst Silikaten) in Betracht kommt, liegt auf der Hand; dieselbe vertheilt sich aber auf zwei wesentlich verschiedene Antheile, nämlich den eigentlichen Quarz- und Mineralsand resp. Staub einerseits, und die bei der Behandlung mit Salzsäure aus leichtzersetzbaren Silikaten ausgeschiedene, gallertartige oder feinpulverige Kieselsäure, die beim Abdampfen zur Trockne in der Säure unlöslich gemacht und dann durch Kochen mit Natronkarbonatlösung (der einige Tropfen Natronlauge zugesetzt werden) von den unzersetzten Mineraltheilen getrennt wird. Es ist offenbar die so bestimmte Kieselsäure der Maßstab der zersetzenden Wirkung, welche die Säure auf die im Boden enthaltenen Silikate bei der Digestion ausgeübt hat¹⁾.

Nach der gewöhnlichen Annahme ist das hauptsächlichliche dieser Silikate die Thonsubstanz, die im reinsten Zustande den Kaolinit (Porzellanerde) darstellt. Die bei der Bodenanalyse gefundene Thonerde wird allgemein diesem Mineral zugeschrieben, in welchem Kieselsäure und Thonerde rundweg im Verhältniß von 46 : 40 enthalten sind.

Es giebt aber sehr viele Fälle, in welchen diese Interpretation nicht zulässig ist, u. A. wenn, wie das häufig der Fall ist, die gefundene Thonerde die lösliche Kieselsäure an Gewicht übersteigt (s. o. pag. 17). Dasselbe ist aber auch mit Bestimmtheit zu ermessen, wenn, wie sehr oft vorkommt, auch bei annähernd richtigem Verhältniß andere Basen — besonders Kali, Kalk und Magnesia — in solchen Mengen gegenwärtig sind, daß für sie außer der Kieselsäure keine hinlänglichen Mengen acidischer Bestandtheile sich finden. In solchen Fällen ist die einzig mögliche Annahme, daß diese Basen, vielleicht mit einem Theil der Thonerde

¹⁾ Diese Digestion wurde in allen Fällen mit Chlorwasserstoffsäure von 1,115 sp. G. in mit Uhrglas bedecktem Porzellanbecher durch fünf Tage auf dem Dampfbad ausgeführt. Die angewandte Feinerde besteht durchgängig aus Korngrößen unter 0,5 mm Durchmesser.

selbst, in der Form wasserhaltiger und daher leicht zersetzbarer Silikate resp. Zeolithe im Boden enthalten sind.

Die untenstehende Analyse der kolloidalen Thonsubstanz (d.h. solcher, die nach 24stündigem Stehen sich aus einer Flüssigkeitssäule von 200 mm Höhe noch nicht abgesetzt hatte) eines sehr «generalisirten» Bodens des nördlichen Theiles des Staates Mississippi, giebt ein schlagendes Beispiel des Vorkommens bedeutender Mengen von «löslicher Kieselsäure», die nicht als Kaolinit vorhanden sein kann.

Unlöslicher Rückstand	15,96
Lösliche Kieselsäure	33,10
Kali (K_2O)	1,47
Natron (Na_2O)	1,70
Kalk (CaO)	0,09
Magnesia (MgO)	1,33
Manganoxxydoxydul (Mn_3O_4)	0,30
Eisenoxyd (Fe_2O_3)	18,76
Thonerde (Al_2O_3)	18,19
Phosphorsäure (P_2O_5)	0,18
Schwefelsäure (SO_3)	0,06
Kohlensäure (CO_2)	—
Wasser und organ. Stoffe	9,00
Summe	100,14.

Wenn wir in dem obigen Fall die ganze Menge der gefundenen Thonerde auf Kaolinit berechnen, so bleiben noch über zwölf (12,17) Prozent Kieselsäure, die als mit andern Basen verbunden gedacht werden muß. Zieht man hiervon noch die in der Rohsubstanz direkt gefundene Menge in Natronkarbonat löslicher Kieselsäure (0,38⁰/₀) ab, so bleiben netto 11,79 Prozent SiO_2 , die in anderweitiger Verbindung denn Kaolinit gedacht werden muß, aber sehr wahrscheinlicher Weise neben den genannten Basen auch mit einem Theil der Thonerde in wesentlicher Verbindung steht.

Wir können also durch die Bestimmung der «löslichen Kieselsäure» zu einer Schätzung der eigentlich zeolithischen Bestandtheile des Bodens kommen, gegenüber dem unzersetzten Mineralpulver einerseits und dem Thon andererseits. Da es unzweifelhaft ist, daß dieser zeolithische Theil des Bodens die den Pflanzen mehr oder weniger zugänglichen basischen Mineralnährstoffe enthält, so ist diese Bestimmung von hohem Interesse.

Ein Blick auf die Tabelle zeigt nun, daß das Verhältniß der löslichen Kieselsäure in den Böden der ariden Region bedeutend höher ist als in

der humiden; trotz dem bedeutend geringeren Prozentsatz an «unlöslichem Rückstand» beträgt die mittlere Menge der löslichen Kieselsäure in der ariden Region fast das Doppelte.

Die einzige Ausnahme hiervon findet sich im Fall des Staates Washington, dessen verhältnißmäßig niedriger Prozentsatz durch die hohen von Kalifornien und Montana im Mittel überwogen wird. Dies ist wohl daraus erklärlich, daß ein großer Theil der untersuchten Böden dieses Staates Seeabsätze sind, die aus der humiden, sandreichen Region der oberen Zuflüsse des Columbia hergeschwemmt wurden. Dagegen sind die dort anstehenden Eruptivgesteine (Basalte und Melaphyre) stark basisch und schwer verwitterbar. In Kalifornien und Montana sind die Gesteine unendlich vielfältig, und ihre Verwitterung zeigt in normaler Weise das allgemeine Resultat des Vorherrschens komplizirter zeolithischer Verbindungen gegenüber dem bezüglichen Sachverhalt in der humiden Region.

Bildung und Wichtigkeit der Zeolithe. Daß in der ariden Region die Zeolithbildung in weit höherem Maße stattfindet als in der der Sommerregen, kann nicht befremden. In der letzteren werden die durch Verwitterung löslich gemachten Stoffe fortlaufend durch den Auslaugeprozeß entfernt, ehe sie Zeit zu weiteren Reaktionen finden. Wo hingegen die Sommerregen wenig oder gar nicht vorkommen, bleiben die gebildeten Lösungen im Boden und werden durch Verdunstung zu einer Konzentration gebracht, die sie in humiden Klimaten naturgemäß nie erreichen können; es werden daher Reaktionen möglich, die bei größeren Verdünnungen überhaupt nicht mehr stattfinden. Unter den Bestandtheilen der in Rede stehenden Lösungen befinden sich stets die Karbonate, Sulfate, Chloride und Silikate der beiden Alkalien, Kali und Natron. Sickern die letzteren durch einen Boden, der die Karbonate des Kalkes und der Magnesia enthält, so werden bald komplizirte Silikate sich bilden, mit welchen, wie bekannt, das Kali vorzugsweise zurückgehalten wird. Diese Silikate befinden sich in äußerst fein vertheiltem, im Anfang selbst gallertartigem Zustand, und dienen daher vortrefflich zum Auffangen des durch Verwitterung frei werdenden Kalis aus den Lösungen; während die Natronsalze vorzugsweise in Lösung bleiben oder doch in leicht löslichen Verbindungen verharren. Die Alkalikarbonate üben überdies auch wieder rückwärts eine zersetzende Wirkung auf die

natürlichen Silikate, die gegen mildere Einwirkungen, wie z. B. die des Kalkkarbonates, starken Widerstand leisten. Diese Betrachtung wirft allein schon einiges Licht auf den Zustand tieferer Zersetzung, der sich in den Böden der ariden Region bethätigt.

Aufschließende Wirkung des Kalkkarbonats. Aber es ist nicht zu vergessen, daß das Kalkkarbonat, obgleich viel schwächer wirkend als Aetzkalk oder als die entsprechenden Alkalisalze, dennoch bei lange anhaltender Einwirkung wesentlich dieselben Resultate hervorbringen kann. Es ist bekannt, daß in der landwirthschaftlichen Praxis der Mergel und der gebrannte Kalk hauptsächlich durch die Energie, weit weniger durch die Art der Wirkung verschieden sind; und in der Natur finden wir, daß unter der säkularen Einwirkung des Karbonates derselbe kohlschwarze Humusboden sich bildet, der auch in kürzerer Zeit durch Behandlung des Torfbodens mit Aetzkalk sich herstellen läßt.

Bei der Silikatanalyse gebrauchen wir den Aetzkalk und Glühhitze zur Freimachung der Alkalien und zur Bildung leicht zersetzbarer Silikate; das Karbonat bringt ganz ähnliche Prozesse in Gang, nur viel langsamer, sowohl im Laboratorium, wie auch in dem Boden, in dem es beständig thätig ist. Auffallende Beispiele solcher Wirkung zeigen sich, wenn man die Analysen der stark kalkhaltigen Böden der humiden Region mit nichtkalkigen derselben vergleicht. Es zeigen hier fast ausnahmslos die kalkigen Böden viel höhere Prozentgehalte an löslicher Kiesel- und Thonerde als die nichtkalkigen, soweit sich solche Vergleiche überhaupt ohne absolute Identität des Materials anstellen lassen; d. h., stark kalkige Thone oder Thonböden liefern so ausnahmslos große Niederschläge von Thonerdehydrat, daß der Analytiker es bald lernt, daß er kleinere Mengen der Substanz zur Analyse anwenden muß, wenn er nicht unbequem große Thonerdeniederschläge handhaben will. Selten wird ein nichtkalkiger Boden bei Behandlung mit der gewöhnlichen Säure mehr als etwa 10⁰/o Al₂O₃ liefern, meist viel weniger, während die stark kalkigen «Prairie»-Böden bis zu 20⁰/o derselben zeigen können¹⁾. Es könnten diese Verhältnisse wohl auch durch längere Digestion eines und desselben

¹⁾ Report of the Tenth U. S. Census, Vol. 5 u. 6. (Man sehe besonders die Analysen der Böden von Mississippi und Alabama; auch die Berichte der Kalifornischen Versuchsstation.)

Thones mit Kalkkarbonat festgestellt werden, besonders bei Anwendung höherer Temperatur¹⁾.

Thonerdehydrat im Boden. In den meisten dieser Fälle läuft die lösliche Kieselsäure mit der aufgelösten Thonerde mehr oder weniger parallel. Da indessen die Kieselsäure stets mehr oder weniger der Auslaugung durch alkalische Lösungen unterliegt, so ist es natürlich, daß dieser Parallelismus nicht immer stattfindet. Es zeigt sich aber, wie schon oben bemerkt, sehr häufig, daß die gelöste Thonerde weit mehr beträgt, als der löslichen Kieselsäure, der Kaolinitformel gemäß, zugetheilt werden kann. Es muß daher die Thonerde in anderer Form gegenwärtig sein; und da keine komplizirtere Silikatverbindung prozentisch mehr Thonerde enthalten könnte als der Kaolinit selbst, so ist die einzig denkbare Form, die dem Thatbestand entspricht, das Thonerdehydrat, das als Gibbsit ja oft in neueren Formationen vorkommt. Da dieses Mineral zu den Amorphiten zählt, so wird es sich muthmaßlich meist in den feineren Theilen des Bodens ansammeln, d. h. also in der «Thonsubstanz» der mechanischen Analyse. Welche Rolle diese Verbindung hinsichtlich der physikalischen Eigenschaften der Böden spielen mag, ist ungewiß; in zwei besonders extremen Beispielen der Art (Böden aus Mississippi und Kalifornien) ist eine ganz ungewöhnliche zähe Klebrigkeit hervorstechend, so daß die Kultur fast unmöglich ist. Aber in anderen Fällen überwiegender Thonerdemengen, wie z. B. bei den Böden aus Oregon und Washington, deren Analysen S. 16 gegeben sind, sowie bei solchen aus der Sierra Nevada in Kalifornien, zeigt sich nichts der Art, und nach den bekannten Eigenschaften des Thonerdehydrates ist wohl anzunehmen, daß dasselbe auch in dem Boden als kolloidale Gallertsubstanz erscheint, welche bei den von *van Bemmelen* untersuchten Absorptionerscheinungen zweifelsohne eine Rolle spielt.

Eisenoxyd. Es liegt kein spezieller Grund vor für die Voraussetzung eines höheren Eisengehaltes in der ariden als in der humiden

¹⁾ *Fesca* (Beitrag zur Kenntniß d. japan. Landw.) hat die Einwirkung des Kalkkarbonates auf die Löslichmachung der Alkalien durch direkte Versuche bestätigt und findet in der Anwendung desselben in der japanischen Landwirthschaft eine so ernstliche Bedrohung der Produktionsfähigkeit der dortigen Böden unter dem gleichzeitigen Einfluß eines heißen Klimas und hoher Regenmenge, daß er sogar auf gesetzliche Beschränkung des Gebrauchs desselben dringt.

Region, wie es die Mittelzahlen der Tabelle anzudeuten scheinen. Auch giebt, wie oben erwähnt, der allgemeine Eindruck der ariden Länder eher Raum für die entgegengesetzte Annahme, sofern grauweiße Färbungen da viel häufiger vorkommen als in der Region der Sommerregen. Das in der Tabelle gegebene Mittel für Kalifornien ist stark beeinflusst durch die sehr ockerigen Böden der Vorberge der Sierra Nevada, wie auch durch das häufige Vorkommen von Magnetitsand, das für Washington durch die besonders eisenreichen Gesteine (Basalte und Melaphyre), die dort vorherrschen. Das Mittel für Montana ist nicht höher als das dreier Staaten der humiden Region und sogar kleiner als das für Kentucky. Angesichts der warmen, regenreichen Sommer könnte man erwarten, daß dort durch theilweise Reduktion der höheren Oxydationsstufen Auslaugung des Eisens häufig stattfinden würde, und vielleicht beruht die häufigere Rothfärbung der Böden auf der durch diesen Prozeß ermöglichten feinen Zertheilung des Oxydhydrats, dessen quantitative Bestimmung oft auch bei sehr stark gefärbten Böden relativ kleine Gehalte ergibt. Sumpferzflecken kommen übrigens auch im Untergrund der ariden Region nicht selten vor. Im Ganzen scheint mir, daß die vorhandenen Daten zu keinen Schlüssen auf bestimmte, auf klimatischen Bedingungen beruhende Unterschiede berechtigen.

In Bezug auf das nahe verwandte **Mangan** indessen ist nicht zu verkennen, daß eine solche Beziehung wirklich stattfindet; denn der Prozentgehalt zeigt sich in allen Fällen höher in der humiden als in der ariden Region. Ich wage nicht, diese Thatsache zu erklären, die zu allgemein sich bestätigt, um zweifelhaft zu sein. Direkt ist dieselbe übrigens, so viel wir wissen, von keinem Belang für den Pflanzenwuchs.

Was die so hochwichtige **Phosphorsäure** betrifft, so bezeichnet das in der Tabelle dargelegte Resultat zweifelsohne den wirklichen Thatbestand, daß nämlich ein charakteristischer Unterschied zwischen den beiden Regionen in dieser Hinsicht nicht existirt. Wegen der Schwerlöslichkeit der meisten Verbindungen und des relativ geringen Prozentgehaltes wird die Phosphorsäure bekanntlich von allen irgend absorptionsfähigen Böden mit großer Zähigkeit zurückgehalten, und es liegt in der Natur der Verwitterungsprozesse, so viel wir wissen, kein allgemeiner Grund, warum die Phosphorsäure in einer oder der anderen Region in verschiedenen Mengen vorkommen sollte. Betrachtet man die Einzel-

zahlen, aus denen das Mittel für die aride Region berechnet ist, so zeigt sich, daß dabei außergewöhnlich hohe Zahlen für Montana und Washington durch eine sehr niedrige für Kalifornien aufgehoben wird. In den beiden erstgenannten Staaten stehen in großer Ausdehnung Gesteine an, in welchen mikroskopische Apatitnadeln in großer Menge vorkommen, so daß in mehreren Fällen der Prozentgehalt an Phosphorsäure auf mehr als das Doppelte des Mittels steigt. In Kalifornien sind solche Gesteine äußerst selten und die von mir den Analysen entnommene Andeutung, daß dort vor allen Dingen Phosphatdünger in Anwendung zu bringen ist, hat sich schon in ausgedehnter Weise praktisch bewährt. Eine Ausnahme hiervon machen im Allgemeinen die sogenannten «Alkaliböden», in welchen gelöstes Natriumphosphat häufig im Grundwasser sich findet (s. o.).

Die Andeutung der Tabelle hinsichtlich geringeren Schwefelsäuregehaltes in der ariden als in der humiden Region ist angesichts der in der ersteren so oft auswitternden Alkalisulfate unerwartet. Zum Theil kommt dies daher, daß die analysirten «Alkaliböden» wegen ihres abnorm hohen Kalkgehaltes meistens von der Vergleichung ausgeschlossen wurden. Wäre dies nicht geschehen, so hätte sich das Mittel ganz anders gestaltet. Es ist daher diesen Zahlen wohl keine allgemeine Bedeutung beizumessen.

Der Kali- und Natrongehalt der Böden in der humiden und ariden Region.

Da die in der Natur vorkommenden Salze der Alkalimetalle im Ganzen im Wasser so viel löslicher sind als die der bis jetzt betrachteten Elemente, speziell des Calciums und Magnesiums, so wird der Auslaugungsprozeß, der schon bei den letzteren so bedeutende Unterschiede hervorbringt, die Alkaliverbindungen sehr bestimmt beeinflussen. Eine Vergleichung der Böden beider Regionen zeigt denn auch in dieser Hinsicht sehr wesentliche Differenzen zwischen den Mittelzahlen für Kali und Natron. Für das Kali ist das Verhältniß $0,216\text{‰} : 0,725\text{‰}$ für die Gesamtzahl der Analysen; nach Staaten berechnet, ist es gar $0,187 : 0,825\text{‰}$. Für Natron sind die entsprechenden Zahlen $0,091 : 0,264\text{‰}$ und $0,071 : 0,251\text{‰}$. Für beide Alkalien ist demnach das mittlere Verhältniß zwischen der humiden und ariden Region ungefähr wie eins zu drei bis vier.

Es ist bemerkenswerth, daß im Mittel für beide Regionen auch das Verhältniß der Alkalien zu einander ungefähr wie eins zu drei zu stehen kommt. Doch ist dieses Verhältniß durchaus nicht in Einzelfällen stichhaltig, indem sehr hohe Kaliprozente bisweilen mit ganz geringen Natronmengen gegenwärtig sind. Diese Abweichung in dem Verhalten der zwei Alkalien ist so wichtig und charakteristisch, daß dieselbe noch etwas näher besprochen werden muß.

Der «Kaolinisirungsprozeß», durch welchen Thone aus Feldspäthen und feldspathhaltigen Gesteinen, wie Granit, Diorit, Trachyt u. s. w., gebildet werden, erzeugt auch gleichzeitig lösliche Karbonate und Silikate der beiden Alkalien, Kali und Natron. Kommen diese in wässriger Lösung mit den Karbonaten resp. Silikaten des Kalkes und der Magnesia (auch gewöhnliche Produkte der Gesteinsverwitterung) in Berührung, so werden die Alkalien theilweise oder vollständig aufgenommen, indem unlösliche, wasserhaltige Silikate von komplizirter Zusammensetzung (Zeolithe) sich bilden. In diesen jedoch behauptet das Kali im Allgemeinen den Vorrang vor dem Natron, so daß, wenn eine Kalilösung auf eine stark natronhaltige Zeolithmasse einwirkt, das Natron theilweise ausgetrieben und durch Kali ersetzt, und dann im aufgelösten Zustande durch das Regenwasser fortgeführt wird. Es wird also das für die Landwirthschaft so wichtige Kali von guten Böden vorwiegend zurückgehalten, während die Natronsalze nur da sich anhäufen können, wo der Regenfall nicht zur Auslaugung ausreicht; ihre Gegenwart wird sich dann während der trockenen Jahreszeit durch das Ausblühen an der Oberfläche der Böden kundgeben und dieselben als «Alkaliböden» («terrestre Salzböden») kennzeichnen. Diese sind also Böden, in welchen mehr oder weniger große Mengen von durch Verwitterung gebildeten löslichen Salzen gegenwärtig sind, die durch die Abwechselung von Regen und Verdunstung im Boden auf- und absteigen; bei überwiegender Verdunstung häufen sich dann diese Salze auf der Oberfläche an und bilden krystallinische Krusten, oder zuweilen pulverige oder staubige Massen.

Volksthümlicherwise werden übrigens häufig zwei wesentlich verschiedene Bodenklassen als «Alkaliböden» bezeichnet, die in Bezug auf Kultur auch verschiedener Behandlung bedürfen. In beiden Fällen sind es zwar die Salze der Alkalien — Kali und Natron —, welche den Boden durchdringen und den Pflanzenwuchs beschädigen können. Aber in dem

Fall der Marschländer an der Seeküste, welche ihre Salze nur der periodischen Ueberfluthung des Salzwassers verdanken, herrschen wesentlich andere Bedingungen als die oben besprochenen, unter welchen die Unzulänglichkeit der Regenmenge das Hauptmoment bildet.

In dem erstberührten Fall, dem der Salzböden, ist es hauptsächlich das Kochsalz mit größeren oder geringeren Mengen der Mutterlaugensalze (Chloride und Sulfate des Calciums und Magnesiums), welches die salzigen Bestandtheile ausmacht. In den eigentlichen Alkaliböden ist zwar Kochsalz auch fast immer gegenwärtig, doch wird es an Menge meist durch das Glaubersalz (Natriumsulfat) und Soda (Natriumkarbonat, kohlensaures Natron) überwogen. Durch die Gegenwart des letzteren ist die Existenz der Erdsalze — der Chloride und Sulfate des Calciums und Magnesiums — praktisch ausgeschlossen.

Die Salzländereien der Küsten liegen außerhalb der Grenzen dieser Abhandlung, sofern dieselben von klimatischen Verhältnissen unabhängig sind und auch in Bezug auf Zusammensetzung keiner einheitlichen Betrachtung unterliegen.

Alkaliländereien hingegen charakterisiren alle Regionen spärlichen Regenfalles und finden sich in allen Kontinenten und in den Tropen, sowie in der gemäßigten Zone, selbst in Europa, nämlich in der ungarischen Tiefebene und im Küstenstrich Südspaniens. Es finden sich zwar auch in den Regionen reichlicher Sommerregen hier und da begrenzte Areale, denen lösliche Salze laufend aus an- oder unterliegenden salzführenden Formationen zugeführt werden; wie das selbst in den Staaten Mississippi und Louisiana der Fall ist, obgleich hier das Maximum der Regenmenge für das atlantische Gebiet sich findet. Aber solche Erscheinungen sind meist nur örtlicher Natur¹⁾ und erstrecken sich nicht weit von dem Ursprungsorte der Salze, weil die löslichen Bestandtheile durch das Regenwasser sehr bald ausgelaugt und dem Grundwasser zugeführt werden.

In den regenarmen Regionen bleiben nicht nur die gebildeten löslichen Salze als solche im Boden, sondern beeinflussen auch durch ihre

¹⁾ Eine Ausnahme bilden die «Szekeböden» der niederungarischen Ebene, deren Gehalt an Salzen wesentlich aus unterlagernden salzführenden Thon- oder Lehmschichten älterer Bildung stammt, doch aber bei dem verhältnißmäßig niedrigen Regenfall jener Region fast genau dieselben Erscheinungen darbietet als die eigentlichen Alkaliböden der ariden Klimate. S. u.

fortdauernde Gegenwart sehr wesentlich den Prozeß der Bodenbildung nach mehreren Richtungen.

Es ist selbstverständlich, daß die Natur des Bodens einen bedeutenden Einfluß auf die Anhäufung der Alkalisalze übt. In sehr porösen Böden kann die Auslaugung derselben viel leichter stattfinden als in undurchlässigen, deren Durchdringung nur langsam von Statten geht, so daß das Regenwasser hauptsächlich von der Oberfläche abläuft und Regen selten lange genug dauern, um eine wirkliche Durchdringung zu bewirken. Demgemäß ist wohlbekanntermaßen das Alkali am schädlichsten in den dichten, bündigen (Adobe-)Böden; und da diese überdies meist in den niedrigeren Lagen (Thalgründen) vorkommen, denen die löslichen Salze des Hügellandes ohnedies zufließen, so ist es nicht selten der Fall, daß in der regenarmen Region gerade diese an sich fruchtbarsten Böden in ihrem natürlichen Zustande nicht kulturfähig sind. Es müssen dieselben entweder vorher durch spezielle Behandlung von einem Theil der Salze befreit, oder doch die Ansammlung derselben an der Oberfläche, wo sie am schädlichsten wirken, verhindert werden.

Es ist selbstverständlich, daß unter sonst gleichen Umständen die Anhäufung der Alkalisalze sich bei Annäherung an Hügelland oder Gebirgszüge vermindert, theils wegen der größeren Bodenneigung und (gewöhnlich) mehr durchlässiger Böden, theils auch wegen der mit der Höhe zunehmenden Regenmenge. Es ist jedoch ausdrücklich zu bemerken, daß Hochebenen sich durchaus nicht immer dieser Ausnahme erfreuen, wie dies im Innern Asiens und Amerikas im größten Maßstabe wahrzunehmen ist.

Die Bodenarten der Tropen. Es ist schon oben (Seite 9) darauf hingewiesen worden, daß bei dem Zustande sehr tiefer Zersetzung, in welchem die Böden der Tropenregion sich befinden müssen, die eben berührte Bedingung der Bodenlage, zugleich mit der Regenmenge, von dem tiefsten Einfluß sein muß. Reichliche warme Regen, die über den größten Theil des Jahres vertheilt sind, müssen im Hügellande eine sehr tiefgreifende Auslaugung bewirken, vor welcher die auch nur mäßig löslichen Pflanzennährstoffe bis auf geringe Reste verschwinden werden. Diese Auslaugung wird um so vollständiger sein, je durchlässiger der Boden, und je höher er über der Thalsohle oder Ebene liegt, in welcher durch längeres Verweilen wenigstens ein Theil der

fortgeführten Stoffe (so Kalk, Kali) wieder gebunden und der Pflanzenernährung erhalten werden kann. Es stehen so in den Tropen oft die äußerst fruchtbaren (weil so viel lösliche Nährstoffe enthaltenden) Thal- resp. Tieflandböden den stark ausgelaugten «Lateritböden»¹⁾ der Höhen sehr schroff gegenüber; natürlich kann indessen bei sehr durchlässigen Tieflandsböden der Auslaugungsprozess auch noch weiter sich fortsetzen und die Hoffnungen des Kolonisten täuschen. Es ist daher in den Tropen eine der Kolonisation vorhergehende, eingehende Bodenuntersuchung wo möglich noch wichtiger, als dies in den gemäßigten Zonen der Fall ist. Es kommt dort häufiger als in der letzteren Region vor, daß Ländereien, die sich anfangs als außerordentlich fruchtbar bewährten, nach einigen Jahren plötzlich in der Produktion so zurückgingen, daß unter obwaltenden Umständen von weiterer Kultur keine Rede sein konnte. Ein schlagender Fall dieser Art ist mir in Bezug auf einen außerordentlich eisenschüssigen Boden der Insel Hawaii zur Kenntniß gekommen. Derselbe stammt von der Verwitterung basaltischer Laven und enthält oft bis 40% Eisenoxyd, so daß er anderswo als Eisenerz gute Verwendung finden würde. (Ein ähnlicher hoher Eisengehalt wird auch hinsichtlich einiger Lateritböden Brasiliens [terra roxa] und Indiens berichtet.) In dem vorliegenden Fall hatte dieser Boden etwa acht Jahre lang ausgezeichnete Ernten von Zuckerrohr gegeben; ganz plötzlich waren diese so zurückgegangen, daß die Bewirthschaftung gänzlich gewinnlos blieb. Die Analyse zeigte außerordentlich geringe Mengen Kalk, aber doch noch möglicherweise ausreichende Mengen von Kali und Phosphorsäure, die aber augenscheinlich nicht in für das Zuckerrohr zugänglicher Form enthalten waren. Es wurde daher Zufuhr von Kalk (in der Form von Korallensand) empfohlen als vorläufiger Versuch; die außerordentlich geringe Absorptionsfähigkeit des Bodens, bei fast völliger Abwesenheit der Thonsubstanz, ließ die Anwendung löslicher Kunstdünger als nicht gerathen erscheinen. Indessen ist dieser Mangel an Thonsubstanz nicht etwa eine allgemeine Eigenschaft der tropischen Lateritböden; es ist auch a priori nicht abzusehen, wie in dieser Hin-

¹⁾ Man findet übrigens unter den sog. Lateritböden (welche ohnedies eine sehr schlecht definirbare Klasse bilden) auch recht fruchtbare, bei außerordentlich niedrigem Prozentgehalt an Nährstoffen. Dies ist eben auch erklärlich, wenn man die große Lebhaftigkeit des Verwitterungsprozesses in der feuchten Tropenzone in Betracht zieht.

sicht bei Bodenmassen so außerordentlich verschiedener Abkunft etwas Einheitliches zu finden sein könnte, außer eben in Bezug auf die weit fortgeschrittene Auslaugung der löslicheren Theile, als Resultat der Wirkung sehr hoher Regenmengen unter hoher Temperatur.

Wenn aber diese hohe Temperatur ohne große Regenmengen einwirkt, so wird die Bodenverwitterung zwar vergleichsweise verzögert, aber die gebildeten Salze werden in den Tropen wie in der gemäßigten Zone in dem Boden verbleiben, und je nach der Größe der Anhäufung und der Behandlung in der Kultur günstig oder ungünstig wirken; ungünstig natürlich besonders bei irgend bedeutender Bildung des kohlensauren Natrons, günstig dagegen, sobald es ermöglicht wird, die große Anhäufung von Pflanzennährstoffen zu ungehinderter Wirksamkeit zu bringen. Und diese Klasse der Tropenböden ist es eben, auf denen sich von Alters her die Kultur zumeist entwickelt und erhalten hat; sie bedecken z. B. den größten Theil des nördlichen Indiens und der nordwestlich angrenzenden Länder, bedürfen aber wesentlich der künstlichen Bewässerung.

Es ist auffallend, daß der wesentliche Zusammenhang spärlichen Regenfalles mit großer Produktionsfähigkeit des Bodens, sobald derselbe durch Bewässerung der Kultur zugänglich wird, bisher nicht eingehende Beachtung gefunden hat. Man hat sogar die fortdauernde Fruchtbarkeit Egyptens ausschließlich der Zufuhr und Bereicherung durch den Nilschlamm zugeschrieben; thatsächlich ist dieselbe aber auch da zu finden, wo (wie in Fayum) nur das klare Wasser hinkommt; und dieses ist der Analyse nach nicht ungewöhnlich reich an Nährstoffen. Während der neun Monate zwischen den Ueberschwemmungen des Flusses ist das Régime Egyptens streng subtropisch-arid; die Verwitterungssalze werden ebensowenig wie in Indien oder Kalifornien ausgelaugt, und es erfolgt so in Egypten wie in den Oasen der Sahara eine Anhäufung der Pflanzennährstoffe, die sich bei der Bewässerung als reichliche Fruchtbarkeit kundgiebt. Daß der abessinische Schlamm noch eine weitere günstige Zuthat im Nilthale und Delta ausmacht, ist natürlich nicht anzuzweifeln; aber es ist nicht unwichtig, die Thatsache zu betonen, daß fast, wo nicht ganz, dieselben Vortheile auch anderswo zu finden sind, wo kein Nilschlamm zum Absatz kommt; vorausgesetzt, daß der schädliche Einfluß der etwa überschüssigen Natronsalze durch geeignete

Maßregeln beseitigt wird. Die dabei obwaltenden praktischen Schwierigkeiten haben wohl viel zu dem langen Verkennen dieser Sachlage beigetragen; sowie auch die lange Vernachlässigung der Bodenanalyse die hier besprochenen wesentlichen Thatsachen bis jetzt im Dunkeln gelassen hat. Es ist aber wohl nicht zu bezweifeln, daß nach der allgemeinen Erkennung der großen natürlichen Befähigung der ariden Böden¹⁾ auch die Wege zu deren vollerer Benutzung zu finden sein werden. Daß die Einheit des Bodenbesitzes unter solchen Umständen eine viel kleinere sein kann als in der humiden Region, ist schon jetzt in allen Bewässerungsländern bekannt. Man hat dies der Regelmäßigkeit der Ernten und den in dem Wasser enthaltenen Nährbestandtheilen zugeschrieben²⁾, und dies sind zweifellos sehr wichtige Momente; aber es ist doch sehr wahrscheinlich, daß die hier besprochene Erscheinung — die Anhäufung der Nährstoffe in allen ariden und daher bewässerungsbedürftigen Böden — dabei stets eine sehr erhebliche Rolle gespielt hat. Es versteht sich auch, daß diese Anhäufung auch stattfindet, ohne daß die Erscheinung der Salzauswitterung an der Oberfläche sie bekundet; die letztere ist nur das Merkmal sehr mangelhafter Auslaugung, die durch eine mehr oder weniger bestimmte Grenze des Regenfalles bedingt wird. Wo diese Grenze liegt, ist noch zu besprechen.

V. Die Alkaliböden³⁾ der ariden Regionen.

Die Frage hinsichtlich der Regenmenge, die mit der Bildung von Alkaliauswitterungen verträglich ist, läßt sich vortheilhaft in Kalifornien

¹⁾ Unter denen, die diese Befähigung erkannt und zum Ausdruck gebracht haben, ist Herr Oberbergrath v. Gümbel zu nennen, der in den verschiedenen Bänden der «Geognostischen Beschreibung Bayerns» und a. a. O. die Wirkung der Auslaugung des Landes betont hat. Auch v. Richthofen (China, Bd. 1) betont dies in Bezug auf den Löß Chinas und die Pampas Argentinens.

²⁾ Im südlichen Kalifornien z. B. fand ich den Gehalt einiger zur Bewässerung dienenden Bäche an Kali so groß, daß bei dem gewöhnlichen jährlichen Wasserverbrauch eine für die meisten Ernten hinlängliche Kalimenge zugeführt wird.

³⁾ Zur Unterscheidung dieser von den eigentlichen (meist marinen) Salzböden, in denen wesentlich das Kochsalz und sonstige Bestandtheile des Meerwassers enthalten sind, scheint es gerathen, den volksthümlichen Namen für Credner's «terrestre Salzböden» beizubehalten. Innerhalb dieser wären dann diejenigen, in denen die Soda (Natronkarbonat) den vorwiegenden oder charakteristischen Bestandtheil bildet, als Sodaböden zu unterscheiden, wie dies jetzt schon in Ungarn geschieht.

untersuchen, wo an der Ostseite des großen Zentralthales die Regenmenge sehr regelmäßig nach Norden zunimmt. Das Minimum befindet sich an dem Südende (nahe Bakersfield) mit einem Mittel von etwa 150 mm, während am Nordende, bei Redding, dieselbe auf 865 mm steigt. Die nachfolgende Tabelle giebt die Regenmengen einer Anzahl wichtiger Punkte des Thales in der Richtung von Norden nach Süden an; der Abstand der Endpunkte ist ungefähr 500 Kilometer.

N.	mm
Redding	865,0
Red Bluff	595,0
Chico	523,0
Nicholaus	464,0
(Sacramento	495,0 ¹⁾
Galt	418,0
Stockton	329,5
Lathrop	297,0
Modesto	239,3
(Merced	257,5 ¹⁾
Fresno	225,5
Tulare	175,0
Bakersfield	150,0
S.	

Außer der hier ersichtlichen Abnahme der Regenmenge nach Süden zu ist auch noch eine ähnliche von Osten nach Westen zu konstatiren, d. h. also vom Fuß der Sierra Nevada nach der Thalmitte und zuweilen bis zum Fuß der Küstenkette, d. h. dem Westrand des Thales. So hat Chico wie oben 523 mm, Orland am Westrande 400 mm. Weiter nach Süden hat Marysville 475, Colusa in der Thalmitte 460, Williams am Westrande 333 mm. Tehama, nur 14 km südlich (thalwärts) von Red Bluff gelegen, zeigt nicht ganz 400 mm gegen 595 mm an dem ersteren Orte. Natürlich üben hier lokale Einflüsse, Luftströmungen etc. oft störende Wirkungen aus; doch kennzeichnet sich die allgemeine Sachlage mit hinreichender Klarheit für unseren Zweck.

¹⁾ Die Annäherung an die Kette der Sierra Nevada bedingt hier eine Zunahme, trotz südlicherer Lage.

Allgemein gesprochen kann man nun sagen, daß hier die Zunahme des Regenfalles mit der Abnahme der Alkaliausblühungen parallel läuft, bzw. daß dieselben in umgekehrtem Verhältniß zu einander stehen; das Alkali zeigt sein Maximum an dem Süden des Thales, eben wo der Regenfall im Minimum steht, und umgekehrt. Die Grenze wesentlich schädlichen Einflusses auf die Landwirthschaft findet man nun auf der Ostseite des Thales gerade ein wenig nördlich von Sacramento, also bei sage 500 mm jährlichem Regenfall. (Es trifft sich, daß dies auch gerade die Regenmenge ist, die vor längerer Zeit von *J. W. Powell* als das für regelmäßige Ernten nothwendige Minimum angegeben wurde, in Folge dessen er den 100. Meridian w. L. als die ungefähre Grenze zwischen der ariden [resp. bewässerungsbedürftigen] und humiden Region Nordamerikas bezeichnet hat.)

Nach Westen (der Thalmitte) zu finden wir nun bald eine Zunahme der Alkaliausblühungen an geeigneten Stellen, d. h. im «Adobe» oder bündigeren Land, welches fast überall, nordwärts bis nach Tehama (s. o.), mehr oder weniger mit Alkalisalzen geschwängert ist. Weiter südlich, im San Joaquinthal, macht sich auch im Allgemeinen eine Zunahme der Alkalischwängerung bemerkbar, oft bis zum Fuße des Küstengebirges, das übrigens hier neben sehr spärlichem Regenfall auch selbst an autogenen Salzausblühungen leidet, die nach und nach die des Thales verstärken; selbst die Quellwässer sind hier oft untrinkbar wegen hohen Gehaltes an Bitter- und Glaubersalz, und sogar das der Bäche ist manchmal ungenießbar. Hier übt also das aride Klima auf die anstehenden Gebirgsmassen (meist wenig verkitteter Tertiärsand, größtentheils granitisch) denselben Einfluß wie auf die verschleppten und angeschwemmten Böden des Thales. Unter denselben Umständen findet man auch in der verhältnißmäßig regenreichen Küstenregion hier und da Ansammlungen alkalischer Salze.

Wenn es daher auch nicht streng richtig ist, daß überall die obere Grenze der Salzauswitterung bei 500 mm Regenfalles sich zeigt, so ist diese Ziffer doch für Kalifornien sehr annähernd die richtige, so daß bei wesentlich höherer Regenmenge die Natronsalze definitiv in das Grundwasser abgeführt werden, während bei geringerer die Ansammlung je nach der Durchlässigkeit des Bodens und des Untergrundes, und der Ober-

flächenneigung, die Grenze der Schädlichkeit mehr oder weniger überschreiten kann.

Alkaliböden der Staaten Oregon und Washington.

Wenn wir die Betrachtung auf andere Gebiete Nordamerikas ausdehnen, in welchen das klimatische Régime dem Kaliforniens ähnlich ist, obgleich wegen größerer Winterkälte die Landwirthschaft ihre Praxis abzuändern genöthigt ist, so finden wir die obige Regel im Ganzen stichhaltig. In den östlichen Theilen der oben genannten Staaten fällt der Regen auch wesentlich vom November bis zum Mai; der Rest des Jahres ist ziemlich regenfrei, oder die Sommerregen sind doch der Menge nach so unbedeutend, daß ihr Einfluß auf das Pflanzenleben kaum fühlbar wird, und sie auch zu der Auslaugung des Bodens nichts beitragen können. Dies ist besonders der Fall in der zwischen dem Kaskadengebirge und dem westlichen Ausläufer der Felsengebirge (Coeur d'Alène und Bitter Root-Kette) gelegenen Hochebene, die südlich von den Blauen Bergen Oregons, nördlich von dem Spokaneflusse begrenzt wird, natürlich mit Ausnahme der Landestheile, die den östlichen Ketten so nahe liegen, daß sie — wie die Region des Palouse und Walla Walla — sich schon einer höheren Regenmenge erfreuen, und daher, wie das nördliche Kalifornien, Sommerfrüchte ohne künstliche Bewässerung erzeugen.

Es giebt wohl innerhalb der Vereinigten Staaten kein Gebiet, das in höherem Grade an einem Ueberfluß von Alkaliauswitterungen leidet, als der südliche Theil des sogenannten «Great Bend Country», das innerhalb des großen Bogens liegt, den der Columbiafluß zwischen den Mündungen des Spokane- und des Walla-Wallaflusses beschreibt; es ist mit alkalischen Seen besäet, und selbst das Wasser der Bäche ist untrinkbar. Dennoch ist die nördliche Hälfte dieses Landstriches nicht nur vortrefflich für die Landwirthschaft geeignet, sondern wird dazu noch besonders befähigt durch die Gegenwart einer mäßigen Menge alkalischer Salze, welche der Austrocknung des Bodens entgegenwirken, so daß Bewässerung nicht nothwendig ist. Diese Wirkung der Alkalisalze zeigt sich auffallend frühmorgens, wo es oft aussieht, als seien über Nacht merkwürdig örtliche Regenschauer gefallen. Bei näherer Untersuchung ergiebt sich dann, daß die dunkle Färbung, die sich in Flecken und Streifen über das Land zieht, eben da stattgefunden hat, wo bei

längerer Dürre zuweilen Alkalisalze auswittern¹⁾. Weiter nach Norden zeigt der immer mehr zunehmende Baumwuchs eine allgemeine Zunahme des Regenfalles; jenseits des Spokaneflusses herrscht ziemlich dichter Nadelholzwald. Dabei beträgt die jährliche Regenmenge zu Fort Spokane, nahe der Einmündung des Flusses desselben Namens in den Columbia, nur 300 mm; weiter westlich, jenseits des Columbia, nahe Ellensburg am oberen Yakimafluß, 225 mm und südwärts davon, gegenüber der erwähnten Alkaliwüste in dem Bogen des Columbia, jedenfalls noch bedeutend weniger, da die Vegetation einen streng ariden Charakter trägt. Ueberall in diesen Gegenden finden sich Ausblühungen alkalischer Salze in dem Tiefland, während das Hügelland, zweifelsohne wegen der außerordentlichen Durchlässigkeit der hier vorherrschenden feinpulverigen Böden, davon ziemlich frei ist. Die Bergkette, die weiter nach Süden zu fast rechtwinkelig von Westen her zum Columbiafluß läuft, ist im westlichen Theil ziemlich dicht bewaldet, und am Nordabhang ist, bei Fort Simcoe, der Regenfall noch nahezu 325 mm. Aber nach Osten zu wird der Wald immer lichter und die Bäume kleiner, und am Ostende sieht man nur völlig kahle Berge, auf denen selbst Gesträuche fehlen und von denen kaum Wasser genug abfließt, um in den Thälern und Schluchten bestimmte Thalwege für dasselbe zu bilden. Weder der Columbia- noch der Yakimafluß erhalten von da aus irgend erheblichen Wasserzufluß; wir finden wohl hier und in der gegenüberliegenden Südhälfte des «Great Bend» ein ähnliches Regenminimum wie am Südende des großen Kalifornischen Thales.

Zentral-Montana. In dem zentralen, zwischen dem Yellowstone- und Missourifluß liegenden Theil Montanas läuft die Regenmenge meist von 175 bis 350 mm und bietet so eine interessante Gelegenheit für das Studium der Verhältnisse zwischen Regenmenge und Salzauswitterung. Hier liegt die Stadt Helena ungefähr in derselben Entfernung von der Kette der Felsengebirge als Sacramento von der Sierra Nevada, und beide Städte zeigen ungefähr den gleichen Regenfall von etwas unter 500 mm. Bei der

¹⁾ Es ist dies ein schlagender Beweis der Wichtigkeit, welche die Fähigkeit der Böden, hygroskopische Feuchtigkeit aus der Luft anzuziehen, für den Pflanzenwuchs besitzt, gegenüber den gegentheiligen Behauptungen, die nach nicht beweiskräftigen Versuchen in den regenreichen Regionen noch immer gemacht werden. In dem vorliegenden Falle giebt dieser durch die Gegenwart der Alkalisalze bedingte erhöhte Faktor geradezu den Ausschlag für die landwirthschaftliche Befähigung eines sehr großen Landstriches.

starken Neigung des Terrains erscheint zwar kein Alkali in der Stadt selbst, aber wie bei Sacramento zeigen sich auch hier die Salzausblühungen in der nordwärts liegenden Ebene; und mit der in dieser Richtung stattfindenden Verminderung der Regenmenge werden dieselben auffallender und lästiger, wenn man den Missouri am westlichen Ufer flußabwärts reist, bis in der Gegend von Fort Shaw am Sun River mit etwa 170 mm Regen das Maximum der Alkalientwicklung erreicht ist. Auch hier bewirkt die große Durchlässigkeit des feinpulverigen Bodens, daß die Salzauswitterung an der Oberfläche verhältnißmäßig gering ist; dafür aber ist das Wasser der Quellen, Bäche, Seen und Brunnen oft so stark geschwängert, daß zuweilen auf weite Strecken trinkbares Wasser nur aus den größeren Strömen zu erhalten ist.

Oestlich von dem Missourifluß werden hier die Verhältnisse bedeutend durch die Bergstöcke und Ketten, die das «Judith Basin» umgeben, verändert, indem der Regenfall durch dieselben in noch nicht genau ermittelter Weise so modifiziert wird, daß die Nordhälfte des Thalkessels fast frei von Alkaliauswitterungen ist. Aber die Südhälfte, sowie der Abhang nach dem Musselshellfluß hin, wie auch das Thal des letzteren, sind fast nirgends ganz frei von Salzauswitterungen. Dieselben nehmen aber nach dem Yellowstone hin ziemlich rasch ab, und in dem Thal des letzteren Flusses selbst ist «Alkali» nicht mehr von praktischer Bedeutung; zweifellos wegen der durch Annäherung an die Berge des Yellowstone-Parks bewirkten größeren Niederschläge, die übrigens bis jetzt noch nicht durch ausreichende Beobachtungen der Menge nach bestimmt worden sind.

Diese Beispiele mögen genügen, um zu zeigen daß, wenn auch die Gegenwart der Alkalisalze durch einen mehr oder weniger spärlichen Regenfall bedingt ist, dennoch dieser Faktor allein nicht nothwendigerweise die im Boden wirksame Menge bis zur Schädlichkeit für die Landwirtschaft steigert, indem die Durchlässigkeit der Bodenschicht, sowie die Neigung der Oberfläche dabei wesentlich in Betracht kommen. Es ergiebt sich aber aus der Betrachtung der oben gegebenen Tabelle über Bodenzusammensetzung, daß auch ohne wirkliche Auswitterung die vorwiegenden Eigenheiten der Böden der regenarmen Region sich verwirklichen, nämlich außergewöhnlich hoher Gehalt an Kalk, Magnesia, Kali und (vergleichsweise) an Natron, sowie die pulverige, nichtbündige Beschaffenheit auf bedeutende Tiefen.

Die Alkali- oder Rehböden Indiens.

Die indo-gangetische Ebene bietet uns ein triftiges Beispiel eines großen und wichtigen Landstriches, wo ausblühende Alkalisalze (hier als «Reh» bezeichnet) der Kultur mehr oder weniger Schwierigkeiten bereiten. Das Vorkommen des Reh erstreckt sich vom Arabischen Meer und dem Indus bis zum Ganges, und von dem Meerbusen von Cutch bis Afghanistan; also einschließlich Sindh, dem Pendshab, Radschputana, der Nordwestprovinzen und des westlichen Theiles von Oudh, nordwärts (einschließlich Lahore) bis zu der feuchten Niederung am Fuße des Himalaya-Gebirges. In diesem weiten Landstrich wechselt der Regenfall von dem Minimum von 108 mm zu Jacobabad an der afghanischen Grenze jenseits des Indus, bis zu 750 mm zu Cawnpore am Ganges. Hinsichtlich der Häufigkeit des Vorkommens der Salze und der Ausdehnung des von ihnen betroffenen Areals fehlen bis jetzt genauere Angaben; wir wissen nur, daß in all' den genannten Provinzen das Reh mehr oder weniger häufig der Kultur hinderlich ist. Es ist auffallend, daß in dem ganzen Landstrich eine eingehende Untersuchung nur gerade da stattgefunden hat, wo man der Regenmenge nach hätte vermuthen können, daß die Rehplage überhaupt nicht statthaben könnte. Dies ist das Kulturland an den Flüssen Ganges und Dschumna, einschließlich der wichtigen Städte Delhi, Meerut, Agra und Cawnpore. Eben diese Lage im Mittelpunkt der älteren Kultur ist wohl der Grund gewesen, weshalb hier, wo die Bewässerungskanäle den Werth des Landes außerordentlich gesteigert haben, der Gegenstand so viele Aufmerksamkeit erregte, daß eine Kommission speziell zum Zweck seiner Untersuchung von der Regierung eingesetzt wurde. — Das Regenminimum findet sich hier bei Aligarh mit 608 mm; nordwärts hat Meerut 713, Delhi 685 mm, südwärts Agra 662, Etawah 667, während Cawnpore selbst bis über 750 mm steigt. Wie man sieht, erheben sich all' diese Zahlen ziemlich bedeutend höher als die 500 mm, welche in der ariden Region Nordamerikas die Grenze der Alkaliausblühungen bezeichnet, und es ist von Interesse, die Ursache dieses Unterschiedes zu erforschen, um so mehr, da von der Hochebene des Dekkan im südlichen Indien, wo die Regenmenge ungefähr die gleiche ist, keine Klagen über Reh gehört werden.

Eine eingehende Betrachtung der Vertheilung des Regenfalles im Jahre scheint eine Erklärung der Unfähigkeit des Regenwassers, die zur

Unterdrückung der Rehauswitterung nöthige Auslaugung zu bewirken, an die Hand zu geben. Statt daß hier, wie in dem «Franziskanischen» Klima der Westküste Nordamerikas, die Niederschläge auf ungefähr sechs aufeinanderfolgende Monate fallen, während welcher eine Auslaugung des Bodens möglicherweise stattfinden kann, sind die Regen des nordwestlichen Indiens über das ganze Jahr (mit Ausnahme des Monats November) vertheilt. Es fällt somit nie genug Wasser auf einmal, um die Salze dem Grundwasser zuzuführen, außer etwa wenn in den Monaten Juli und August heftige Regengüsse von kurzer Dauer fast die Hälfte des jährlichen Regens auf einmal zur Erde bringen, und eben ihrer Heftigkeit und kurzen Dauer wegen die Salze auch nicht in größere Tiefen verwaschen können als die, aus denen dieselben wieder kapillar an die Oberfläche steigen, sobald die Verdunstung wieder eintritt. Im Dekkan erstreckt sich die Regenzeit normal vom März oder April bis zum Dezember, und heftige Güsse sind seltener. Wie wenig die letzteren zur Auslaugung der Salze beitragen können, ergiebt sich schlagend auch in den Staaten Washington und Montana in Nordamerika, wo heftige Regengüsse im Sommer manchmal die Bäche in kurzer Zeit zur Ueberfluthung bringen, worauf dann in wenigen Stunden trockene Betten zu finden sind. Solche Güsse sind ebensowenig fähig, die Salze auszulaugen, als das oft versuchte Ueberschwemmen der Alkaliländereien, das nie zu etwas Anderem führt, als dieselben auf kurze Zeit unter die Oberfläche zu bringen, von wo aus sie bei dem ersten Sonnenblick wieder aufzusteigen beginnen. Natürlich bewirkt schon die erste Berührung des Wassers fast augenblickliche Auflösung der ausgewitterten Salze, und diese Lösung wird von dem durstigen Boden auch augenblicklich so aufgesogen, daß alles nachfolgende Wasser nutzlos vorüberfließt.

Es scheinen indessen die Verhältnisse des Vorkommens des indischen Reh nur in dieser einzigen Hinsicht von denen, die in Nordamerika sich zeigen, verschieden zu sein, und soweit wir wissen, läßt sich dasselbe von allen anderen Ländern sagen, wo ähnliche klimatische Verhältnisse stattfinden. Leider sind selbst die Berichte der geologischen Aufnahme Indiens außerordentlich arm an eingehenden Beschreibungen des Thatbestandes, obgleich man aus der etwas weitläufigen Besprechung die allgemeinen Thatsachen ersehen kann. Man erfährt so beiläufig, daß die Rehböden ausnahmslos stark kalkhaltig sind und häufig von mehr oder

weniger zusammenhängenden Schichten von Kalktuff («Kankar») unterlagert werden, welche die Rehplage verschlimmern; die Bildung derselben wird der Auslaugung des Kalkkarbonats aus dem Hügellande zugeschrieben. Im Zusammenhang mit der Besprechung der Einwirkung der Bewässerung erfahren wir, daß, während das Grundwasser häufig stark mit Rehsalzen geschwängert ist, tiefere Brunnen meist süßes Wasser liefern; die Thatsache, daß die reichlichere Bewässerung durch Kanäle die Verbreitung und Menge der Auswitterungen wesentlich vermehrt hat, wird besprochen, aber der Zusammenhang dieser Erscheinungen mit der Kanalbewässerung wird in Zweifel gezogen, weil (der Behauptung nach) bis jetzt keine wesentliche Verdünnung des salzigen Grundwassers stattgefunden hat. Wer aber die Folgen genau gleicher Verhältnisse in Kalifornien beobachtet hat, wird diese Zweifel kaum theilen; denn es wurde hierbei von den indischen Beobachtern die Auslaugung der Salze aus tieferliegenden Schichten ganz außer Acht gelassen. Was die Zusammensetzung der auswitternden Salze betrifft, so werden auch dort genau dieselben Verbindungen erwähnt, die in der ariden Region Nordamerikas auftreten. Nur wird das Vorkommen der Nitrate sehr stark betont und sogar das Kalksalz als Gegenmittel für das schädliche Natronkarbonat empfohlen. Warum indessen ein so sparsam vorkommendes Salz anstatt des so wohlfeilen Gypses angewandt werden soll, ist nicht leicht zu ersehen, wie denn überhaupt die praktische Seite der Rehfrage dort kaum die Beachtung erfahren hat, die ihrer wirklichen Wichtigkeit entspräche.

Hinsichtlich der Regurregion des Dekkan, wo, wie oben erwähnt, der Regenfall ungefähr derselbe ist wie in dem rehgeplagten Landstrich von Aligarh, wird erwähnt, daß der Untergrund des schweren, äußerst fruchtbaren Thonbodens aus einem lößartigen Material besteht, in welchem hie und da Knauer von Kankar (hartem Kalktuff) vorkommen. Hier ist also eines der unverbrüchlichen Merkmale unzulänglichen Regenfalles; und doch wird des Vorkommens von salinen Auswitterungen keine Erwähnung gethan. Es scheint hier demnach gerade ein glückliches Mittel zwischen den ausgelaugten Lateritböden einerseits und den Rehböden andererseits getroffen worden zu sein; es hat die Anhäufung der Pflanzennährstoffe in ausgiebiger Weise stattgefunden, so daß das Regurland, wie das Nilthal, seit Jahrtausenden unerschöpflich geblieben ist; aber der

schädliche Ueberfluß der Natronsalze ist durch die thonige Bodendecke hindurch in den durchlässigen Untergrund und von da in das Grundwasser geführt worden. Es ist dies ein vortreffliches Beispiel dessen, was sich durch rationelle Behandlung ähnlicher Böden, die bis jetzt mit Natronsalzen überladen und deshalb der Kultur nur schwer zugänglich sind, voraussichtlich wird erreichen lassen; so z. B. in den kalifornischen «schwarzen Adobe»-Böden, in denen oft sogar ein Ueberschuß an Nährstoffen im Bodenwasser zirkulirt (s. u.), während zugleich der Salzsäureauszug bis 1,8 ‰ Kali in dem Gesamtboden anzeigt.

Alkaliböden anderer Länder.

Betrachten wir nun die Verhältnisse anderer Länder, wo unzulänglicher Regenfall stattfindet, so finden wir überall ganz analoge Erscheinungen wie in Nordamerika und Indien. Nordafrika, Egypten, Arabien, Syrien und Persien einerseits, andererseits die aralo-kaspische Niederung und weiterhin das Hochplateau Innerasiens bieten im Allgemeinen ganz dieselbe Sachlage dar. Wir hören von Salzausblühungen, wobei leider nicht immer der Unterschied zwischen dem Resultat der Verdunstung abflußloser Binnenseen und dem der einfachen Bodenverwitterung ohne Auslaugung festgestellt wird. Wo die letztere vorliegt, sprechen aufmerksame Beobachter fast immer von vorkommendem Kalktuff oder Kalkkonkretionen; von salzigem, bitterem oder alkalischem Grundwasser, das in den seichten Brunnengruben, über welche die Energie oder Geschicklichkeit der Bewohner nicht hinausreicht, sich als schlechtes Substitut für Trinkwasser ansammelt. Weniger oft ist die Rede von den erstaunlichen Kulturergebnissen, die sich bei der Bewirthschaftung solcher Ländereien durch Bewässerung erzielen lassen, obgleich Egypten und auch das westliche Nordafrika hierzu naheliegende und schlagende Belege liefern. Für die meisten dieser ariden Länder besitzen wir noch zu wenig zuverlässige Daten, um die Grenze der Regenmenge, bei der die Salzausblühungen aufhören, irgend genauer zu bestimmen.

In Betreff der Salzsteppen Innerasiens bemerkt *v. Richthofen*, daß ihre Salze, sowie die der Salzseen der höheren Steppen, von der Gesteinsverwitterung und nicht (wie dies wenigstens theilweise in der aralo-kaspischen Region zutrifft) von der Verdunstung von Meerwasser abstammen

müssen. Dies ist wohl richtig, wenn man unter Gesteinsverwitterung auch die laufende des Bodens selbst mit inbegreift; indessen scheint *v. Richthofen* den Ausdruck nicht in diesem Sinne zu gebrauchen, indem er die unerschöpfliche Fruchtbarkeit der Lößregion Chinas durch Wiederaufsaugen wasserlöslicher Salze von unten erklären zu müssen glaubt, und deshalb der besondern Kapillarstruktur des Löß als damit zusammenhängend gedenkt. Man kann von dem physikalischen Standpunkt aus wohl füglich bezweifeln, daß die relativ weiten, senkrechten Haarröhrchen dem höheren Aufstieg des Wassers günstiger sind, als die natürliche, dichte Kornstruktur allein es sein würde; dieselben werden sicherlich eher die Auslaugung befördern, und es kann von einem Wiederaufsteigen der einmal in eine Tiefe von vielen Metern durchgelaugten Salze wohl kaum anders als auf dem Wege der Diffusion die Rede sein. Wir sind wohl berechtigt, die große und dauernde Fruchtbarkeit des chinesischen Löß in dieselbe Reihe zu stellen mit der des indischen Regur und des kalifornischen Zentralthales, nämlich als Resultat spärlichen Regenfalles und unvollständiger laufender Auslaugung, in Folge deren die mineralischen Pflanzennährstoffe in ungewöhnlicher Menge und in den Pflanzen doch leicht zugänglicher Form zurückgehalten worden sind. Wir haben zwar keine genauen Angaben hinsichtlich der mittleren Regenmenge der Lößregion Chinas; aber die von *v. Richthofen* besprochene Thatsache, daß sie an das mongolische Weideland grenzt, und daß die Kultur nach und nach in dieser Richtung fortschreitet wegen besserer Auslaugung des Landes durch das Rückwärtsgreifen der Thäler in die Hochebene, ist Beweis genug, daß wir hier an der Grenze stehen, wo das Ausblühen der Salze von der Drainirung abhängig und Bewässerung noch nicht nothwendig ist, also ungefähr zwischen 500 und 600 mm.

Es wurde oben bemerkt, daß die dauernde Fruchtbarkeit des Nilthales wohl dem ariden Klima Egyptens ebensoviel zu verdanken hat als dem jährlich zugeführten Nilschlamm, welcher weder die Oasen noch auch z. B. einen großen Theil von Fayum überhaupt erreicht. In China würde nach *v. Richthofen's* Ansicht der von der Hochsteppe zugeführte Staub die Stelle des Nilschlammes vertreten, um so leichter, da (wie Augenzeugen berichten) jener Hochsteppenstaub oft genug Salze mit sich führt, um sich dem Reisenden empfindlich fühlbar zu machen. Da es nun gerade diese Salze sind, welche die dem Boden so wichtigen Bestandtheile

enthalten, so mag die geringe Menge jährlichen Absatzes doch dazu beitragen, die Fruchtbarkeit der Lößregion zu erhalten.

Daß übrigens der Löß als solcher in den regenreichen Regionen keineswegs unerschöpflich ist wie in China, hat die Erfahrung selbst in Amerika schon empfindlich gelehrt, besonders da, wo er, wie im unteren Mississippithal, durch die Verkittung seiner feinen Theile zu größeren Kornaggregaten sehr durchlässig ist, während die Kalkumhüllung eben auch die Nährstoffe den Pflanzen weniger zugänglich macht. Hier hat sich durch die Einwirkung eines sehr regenreichen, warmen Klimas dieselbe Veränderung, die wir in Kalifornien nur an der unteren jährlichen Feuchtigkeitsgrenze finden, durch die ganze Masse erstreckt, jedoch ohne dieselbe zu einer Tuffmasse zu verkitten.

Südamerika. Von den Campos Brasiliens und den Pampas Argentinens und Patagoniens berichten viele Reisende über das Vorkommen von salinen Auswitterungen, die indessen meistens der Verdunstung früherer Salzseen zugeschrieben werden. Daß dieser Unterschied in der Herkunft solcher Salzausblühungen von großer praktischer Wichtigkeit ist, ergiebt sich aus dem oben Gesagten, und dies ist auch von *Wohltmann*¹⁾ in seiner Besprechung der betreffenden Gegenden gewürdigt worden, obgleich derselbe sonst auf das Vorkommen und den landwirthschaftlichen Werth der Alkaliböden kein besonderes Gewicht legt. Da nach seinen Angaben die Böden der Ebenen Argentinens im Allgemeinen arm an Pflanzennährstoffen sind, so wären gerade diese salinen Böden, für welche das Pampasgras (*Gynerium argenteum*) charakteristisch sein soll, besonderer Aufmerksamkeit würdig, und *Wohltmann* giebt auch an, daß einige derselben schon durch Drainirung in die Flüsse kulturfähig gemacht worden sind. Es ist zu bemerken, daß die europäische Distel, welche in den Pampas sich so rasch verbreitet hat, nicht den Ruf einer mit geringhaltigem Boden vorliebnehmenden Pflanze besitzt.

Die Steilheit des Westabhanges der südamerikanischen Andes scheint trotz des sehr ausgeprägten ariden Klimas in Peru und Chile eine irgend erhebliche Anhäufung von Auswitterungssalzen auf größeren Strecken verhindert zu haben. Auf dem Hochplateau von Tarapaca hingegen ist diese Anhäufung weltbekannt und auch indirekt in landwirthschaftlicher Hin-

¹⁾ Die natürlichen Faktoren d. trop. Agrikultur. I. Bd. 1892.

sicht hochwichtig, sofern die Salpeterbildung, welche dort stattgefunden hat, in der ganzen zivilisirten Welt verwerthet wird. Weniger bekannt dürfte es sein, daß eine ganz ähnliche Bildung von Natronsalpeter auch in der nordamerikanischen Hochebene von Nevada stattgefunden hat, indem «caliche» von genau derselben Zusammensetzung, wie der von Tarapaca, sich als Gänge und Stöcke in einem Eruptivgestein, nahe der Oberfläche, vorfinden. Bis jetzt ist die gefundene Menge noch kaum zu der praktischen Ausbeutung hinlänglich; es ist aber wenigstens von theoretischem Interesse, daß dieselbe räthselhafte Bildung in beiden so weit entlegenen Gebieten stattgefunden hat, unter so völlig ariden Bedingungen, daß einerseits Eisentrisulfat (Coquimbit), ohne zu zerfließen, in Massen ansteht, während in Nevada der weiße «Sand», der die Augen des Reisenden blendet, aus verwittertem Glaubersalz besteht. Wie unter solchen Umständen die Bodenbildung fortschreitet, bedarf noch eingehender Untersuchung; es liegt aber wohl auf der Hand, daß Salpeterdüngung in solchen Regionen wohl nie an der Tagesordnung sein wird. Es folgt daraus die Wahrscheinlichkeit, daß auch, wo die Aridität nicht ganz so schroff zur Geltung kommt, dennoch voraussichtlich die Natur zum großen Theil den Landwirth der Nothwendigkeit der Stickstoffdüngung entheben wird. Weitere Belege in dieser Richtung sind unten gegeben.

Ueber die Salzböden **Australiens** liegen nur ganz zerstreute Angaben vor, und es findet sich hier besonders sehr selten die Unterscheidung zwischen denen, die der Verdunstung von Salzseen ihr Dasein verdanken, und den eigentlichen «Alkaliböden», welche uns speziell beschäftigen. Sogar der Bericht der Versuchsstation, welchem die nachstehenden Analysen entnommen sind, giebt über diesen Punkt hinsichtlich derselben keinen Aufschluß. Daß übrigens ungeheure Strecken des australischen Kontinents von «terrestren Salzböden» bedeckt sind, die nur der Bewässerung bedürfen, um durch reichliche Ernten ihre Reichhaltigkeit an Pflanzennährstoffen zu bethätigen, ist wohl zweifellos; obgleich es noch lange dauern mag, ehe dieselben hierzu in Anspruch genommen werden.

Die Szekfelder Ungarns.

Das volksthümliche Vorurtheil gegen salzhaltige Böden, welches auch in der Geschichte seinen Ausdruck findet (in dem Aussäen von Salz, um feindliches Land unfruchtbar zu machen), ist wohl nirgends

auffallender als in dem Fall der «Szekböden» Niederungarns. Von Alters her wird dort in dem Tiefland an der Theiß und Donau eine natürliche Soda eingesammelt, die gereinigt unter dem Namen Szekso in den Handel gebracht oder auch an Ort und Stelle zu Haushaltungs- und industriellen Zwecken benutzt wurde und wird. Die Gleichheit der Zusammensetzung des Szekso mit der afrikanischen Trona und dem indischen Reh läßt a priori vermuthen, daß die Bildung beider unter gleichen Bedingungen stattfindet; aber es ist außerordentlich schwierig, in der allgemein zugänglichen Fachlitteratur irgend eingehende Beschreibungen dieser den Zentren der Zivilisation so naheliegenden Landstriche, und der Bedingungen, unter welchen das Szekland sich gebildet hat, zu finden.

Schon zu Plinius' Zeiten war die pannonische Soda bekannt, und bis auf die neuesten Zeiten war das Sammeln derselben sowie des Salpeters auf «Kehrplätzen», wo dieselben in der trockenen Jahreszeit ausblühten, eine besondere Industrie Niederungarns. Jetzt hat der niedrige Preis der künstlichen Soda die Einsammlung des Szekso so ziemlich zum Stillstand gebracht; und es tritt daher die Frage hinsichtlich der Möglichkeit, die Szekländereien der Landwirthschaft nutzbar zu machen, mehr als es bisher der Fall war, in den Vordergrund.

Es ist auffallend, daß trotz der Lage der Donau-Theißebene in so großer Nähe der Mittelpunkte europäischer Kultur und Wissenschaft ein eingehendes Studium der merkwürdigen Erscheinungen, die sich hier darbieten, von dem chemisch-physikalischen und geologischen Standpunkte aus bis jetzt nicht stattgefunden hat, so daß in der allgemeinen Litteratur nur ganz vage Angaben über das Vorkommen und den Ursprung jenes zweitausendjährigen Handelsartikels vorliegen. Ich verdanke der Güte der Herren Professoren *v. Rodiczky* in Budapest und *Czerháti* in Altenburg die Mittheilung einer Anzahl von Abhandlungen und Thatsachen, durch die ich in den Stand gesetzt bin, die anscheinende Anomalie des Vorkommens und der Bildung des Natronkarbonats in dem gemäßigten und relativ regenreichen Gebiet Niederungarns mit einigem Verständniß zu besprechen, und mit den anderwärts beobachteten Thatsachen in Vergleich und Einklang zu bringen.

Es ist vorerst zu bemerken, daß die mittlere Regenmenge des niederungarischen Donau-Theißbeckens ungefähr 600 mm beträgt, also

ziemlich bedeutend über der Grenze steht, die in Nordamerika die Salzausblühungen bedingt, jedoch noch unter derjenigen, welche in dem mittleren Nordindien die Rehsalze als Geißel der dortigen Landwirthschaft bestehen läßt. «Die Niederschläge sind übrigens sehr ungleich, und es vergehen oft Wochen, ja Monate, ohne daß ein Tropfen Regen fällt» (*Czerhádi*). Außerdem wechselt die Regenmenge in verschiedenen Jahren sehr stark; und es steht nach *v. Kvassay* die Größe der Sodaauswitterung im Allgemeinen in mehr oder weniger geradem Verhältniß zu der Regenmenge des vorhergehenden Winters, d. h. je höher das Grundwasser steht, desto reichlicher werden im nachfolgenden Sommer die Ausblühungen der Soda.

Nach den geologischen Beobachtungen desselben wird das Donau-Becken und die Theißebeine in der Regel von zwei, durch eine wasserführende Flugsandschicht getrennten Thonschichten unterlagert, von welchen besonders die obere stark mit Salzen imprägnirt ist, welche sich auch dem den unterliegenden Sand erfüllenden Wasser mehr oder weniger mittheilen. Diese Salze scheinen, wie die Thone selbst, von Salzformationen aus der Tertiärzeit, die sich im oberen Theißgebiet finden, abzustammen. In Niederungarn sind es wesentlich Natronsalze, besonders Kochsalz und Soda; lokal (z. B. am Neusiedler See) auch vorwiegend Glaubersalz; in dem oberen Theißgebiet wittert vorzugsweise Kalisalpeter aus, mit Natron- und Kalksalzen gemengt.

Es ist nun hauptsächlich, wo diese salzgeschwängerte Thonschicht nahe oder an der Oberfläche liegt, daß die Sodaauswitterung stattfindet und die Kehrplätze genügende Ausbeute liefern; der daraus gebildete bündige Boden wird als «Szik» von dem feinpulverigen, hauptsächlich aus Kieselerde bestehenden «Szek» unterschieden, auf dem Ausblühungen vielfach gar nicht stattfinden, der aber doch mehr oder weniger dieselben Salze enthält wie der den Untergrund bildende, salzführende Thon. Dieser feinpulverige Szek ist anscheinend der Verwitterungsrückstand «quarziger Trachyte» (Rhyolithe), die im oberen Gebiet anstehen, und ist der Analyse nach sehr arm an Kali und Phosphorsäure, aber enthält viel Kalk; er ist geologisch bedeutend jünger als die salzführende Thonschicht, und füllt die Vertiefungen in der letzteren aus, wechselt daher sehr in der senkrechten Mächtigkeit, um so mehr, da auch die Thonschicht von 1 bis 7 m wechselt.

Die Böden dieser Region bestehen nun der Beschreibung nach theilweise aus dem feinpulverigen bzw. sandigen, wesentlich aus Kieselerde bestehenden Szek, der, wo er eine irgend bedeutende Menge Salze enthält, fast völlig von Vegetation entblößt ist und als «blinder oder tauber Szek» in dem Ruf fast hoffnungsloser Sterilität steht. Diesem gegenüber steht der «Szikboden», der wesentlich das Verwitterungsprodukt der salzhaltigen Thonschicht ist und, wo er allein zu Tage liegt, die eigentlichen Soda-Kehrböden bildet. Diese sind natürlich wegen des Salzüberschusses auch unfähig, eine nützliche Vegetation zu tragen, und besitzen überdies außerordentlich extreme physikalische Eigenschaften — sind im nassen Zustande sehr zäh und fast wasserdicht und trocknen zu einer steinharten Masse aus, die sich senkrecht säulenförmig absondert. Der extreme Szikboden steht also dem Szekboden physikalisch schroff gegenüber; Analysen desselben liegen leider mit Sicherheit nicht vor und wir bleiben sonach im Unklaren hinsichtlich der Zusammensetzung der von den wasserlöslichen Salzen befreiten Thon- oder Lehmmasse. Glücklicherweise lassen uns die Landwirthe nicht im Zweifel über die außerordentliche Fruchtbarkeit wenigstens eines Theiles der von diesem Thon herstammenden Böden, wahrscheinlich derjenigen, bei denen die weniger extremen physikalischen Eigenschaften, vielleicht durch Mischung mit der sandigen Szekmasse, die Ausnutzung der in der sonst den Kulturpflanzen unzugänglichen Szikmasse enthaltenen Pflanzennährstoffe erlauben. Der auf solchen Böden geerntete Weizen soll besonders sowohl der Menge als der Güte nach sich auszeichnen.

Betrachtet man die in der Tabelle (Seite 69) gegebenen Analysen des Szekso, so ergibt sich, daß in einer derselben 1,5% Di-Natriumphosphat gefunden wurde. Bedenkt man weiter, daß, wie oben erwähnt, in dem oberen Theißgebiet Kalisalpeter auf den Kehrplätzen gesammelt wird, so kann man mit Recht darauf schließen, daß Mangel an Kali der daher stammenden Lehmschicht wohl kaum zuzuschreiben sein wird, auch abgesehen von der Wahrscheinlichkeit, daß hier wie anderswo die wasserlöslichen Kalisalze einfach bei der Analyse des Szekso übersehen worden sind, wiewohl auch Phosphate jedenfalls größtentheils dasselbe Schicksal erfahren haben.

Dürfen wir nun demgemäß annehmen, daß die konstatirte große Produktionsfähigkeit der gemischten Szikböden auf dieselbe allgemeine

Ursache zurückzuführen ist, wie in Indien, Egypten und Kalifornien, nämlich auf Mangel an Auslaugung der Verwitterungsprodukte — und an mangelhafter Auslaugung kann in diesem Falle nicht wohl gezweifelt werden —, so fehlt uns nur noch das dritte Element, das Kalkkarbonat, um die Analogie zu vervollständigen. Hier fehlen uns wieder die Angaben maßgebender Analysen der salzhaltigen Thonschicht; dieselbe wird aber vielfach als stark kalkhaltig bezeichnet, und die mehrfach wiederholte Bemerkung, daß im oberen Theißgebiet überall tertiäre Kalksteine bzw. Kalkmergel anstehen, kann uns in dieser Hinsicht beruhigen.

Es ergibt sich hier die ganz einfache Lösung der vielfach besprochenen Frage, wie die ungarische Soda eigentlich aus dem augenscheinlich vorhandenen Kochsalz gebildet werde. Der auf Seite 76 u. ff. ausführlicher besprochene Umsetzungsprozeß, zu dem nur irgend ein Natronsalz, Kalkkarbonat und freie Kohlensäure nothwendig sind, erklärt die ganze Sache um so triftiger, da gerade in dem Tieflande, wo Feuchtigkeit und Pflanzenverwesung die Entwicklung der Kohlensäure besonders begünstigen, *ubicunque terrarum* dieser Prozeß am reichlichsten stattfindet.

Auch die vielfach besprochene Thatsache, daß die sog. Natronseen Ungarns eigentlich nur ganz wenig von diesen Salzen enthalten, während doch an deren Ufern die reichsten Kehrplätze für Soda sich finden, ist dem ganz analog, was man in Hunderten von Fällen in dem kalifornischen Zentralthal beobachten kann. Dort steht z. B. das reine Flußwasser in den Bewässerungsgräben, ohne merkliche Zunahme an Salzgehalt, während auf den anliegenden hohen Uferdämmen das Glaubersalz mehrere Centimeter tief liegt und sich während des Sommers stetig vermehrt. Untersuchung des Grundwassers zeigt auch fast immer nur einen ganz unbedeutenden Gehalt an Salzen, die sich aber bei der raschen Verdunstung dennoch an der Oberfläche in Menge anhäufen. Da nun die Wassermasse der Seen oder Gräben zu dieser Verdunstung herangezogen wird, so überwiegt diese entgegengesetzte Bewegung die der Diffusion, und es kann sich der Salzgehalt des Wassers nur von dem des Bodens aus vermehren.

Was die besondere Zähigkeit und Undurchdringlichkeit des salzführenden Thones und der daraus entstehenden Szikböden betrifft, sowie die Eigenschaft, nach dem Trocknen steinhart zu werden und durch tiefe

Risse sich säulenförmig abzusondern, so ist dies die auch anderwärts wohlbekannte Folge der Einzelkornstruktur oder Verpuddelung, welche durch die Soda in der Thonsubstanz herbeigeführt wird, und schon oben in Bezug auf die entsprechenden kalifornischen Böden besprochen wurde. Hinsichtlich des Szekbodens wird angegeben, daß derselbe im nassen Zustande breiig-flüssig wird und gezogene Gräben sofort wieder auffüllt, bezw. auch tiefe Moräste bildet. Ganz dasselbe findet auch bei den entsprechenden amerikanischen Böden statt, wie dies oben angegeben wurde.

Es sind sonach trotz des etwas verschiedenen Ursprungs der ungarischen Böden in den meisten Hinsichten die Verhältnisse, welche die landwirthschaftliche Verwerthung derselben betreffen, nicht wesentlich verschieden; nur wird dem sandigen Szekboden eine Armuth an Nährbestandtheilen zugeschrieben, die wohl nur auf dessen ganz extreme Phasen — den «blinden» Szek — paßt.

Jedenfalls werden zu der Melioration beider Bodenklassen dieselben Grundsätze in Anwendung gebracht werden können, die sich in Amerika als wirksam bewährt haben (s. u.); vor Allem die Anwendung des Gypses zur Neutralisation des Natronkarbonats, welches ohne Vergleich schädlicher wirkt als Kochsalz oder Glaubersalz. Es wäre zu erwarten, daß durch das Gypsen besonders der Szikböden diese an sich aller Wahrscheinlichkeit nach sehr reichen Bodenarten außerordentlich verbessert, und vielfach ohne Weiteres zur Kultur herangezogen werden könnten, wo dies bis jetzt nicht lohnte und nur eine kärgliche Viehweide sich darbietet. Es kommt hier, wie oben bemerkt, nicht nur die Abstumpfung der ätzenden Wirkung der Soda auf die Pflanzen in Betracht, sondern im Fall bündiger Thonböden wie diese ist die völlige Veränderung der physikalischen Eigenschaften mindestens eben so wichtig. Es zeigt sich oft, daß die Menge Soda, die zur Verpuddelung eines Bodens ausreicht, bedeutend kleiner ist als diejenige, welche viele Kulturpflanzen noch ohne Schaden ertragen können.

Es steht zu hoffen, daß die ungarischen Versuchstationen in Bälde die Anwendung der Gypsdüngung in den Szek- und Szikböden praktisch prüfen, und diese einfache Meliorationsmethode zur Kenntniß ihrer Landwirthe bringen werden.

Zusammensetzung der Auswitterungssalze verschiedener Kontinente.

(Zur Erleichterung der Vergleichung wurden die analytischen Angaben nöthigenfalls so umgerechnet, daß sie die Zusammensetzung des löslichen Theils der natürlichen Salze allein angeben, ausschließlich auch etwa gegenwärtigen Gypses. — Zweifellos ist in sehr vielen Fällen die Gegenwart des Kalis, der Nitrate und Phosphate einfach übersehen worden.)

	Europa.		Asien.			Afrika.		Australien.	
	Ungarisches Tiefland. «Szekso».		Araxes-Ebene.	Aden, «Hurka» ¹⁾ .	Indien, «Reh».	Egypten, «Trona».	Fezzan, «Trona».		Bendigo, «Alkali» ²⁾ .
	Kalocsa.	Debre-czin.							
Kaliumsulfat (K_2SO_4)	—	1,6	—	—	11,1	—	—	1,28	1,63
Natriumsulfat (Na_2SO_4)	0,2	92,5	18,2	15,5	7,0	38,3	0,6	40,05	—
Natriumkarbonat (Na_2CO_3)	48,1	4,4	12,1	69,0	79,0	47,7	98,7	—	—
Natriumchlorid (NaCl)	51,7	1,5	69,7	15,5	2,9	14,0	0,7	47,47	81,88
Natriumphosphat (Na_3PO_4)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Magnesiumsulfat ($MgSO_4$)	—	—	—	—	—	—	—	11,20	9,86
Magnesiumchlorid ($MgCl_2$)	—	—	—	—	—	—	—	—	6,73
Summe	100,00	100,00	99,7	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,10

¹⁾ Auch «Kara», d. h. «Schwarzes» (Alkali) genannt.
²⁾ Bulletin No. 14, Department of Agriculture, Victoria, pag. 18.

Zusammensetzung der Auswitterungssalze in verschiedenen Staaten Nordamerikas.

	Montana.					Nevada.	Wyoming.		Colorado.	Nebraska ²⁾ .
	Oberes Missourithal.						Sweetwater Thal.	Independence. Rock Lake.		
	Missourithal bei Centerville.	Prickly Pear-Ebene, bei Helena.	Furt des Sun River.	Fort Benton.	Roberts Creek, Musselshellthal.					
Basen und Säuren:										
Kieselsäure (SiO ₂)	0,05	0,50	0,02	0,03	1,50	—	—	—	—	—
Kali (K ₂ O)	1,18	1,17	0,87	4,12	1,53	—	—	—	—	—
Natron (Na ₂ O)	39,56	18,90	33,53	18,61	41,61	—	—	—	—	—
Kalk (CaO)	2,86	1,91	1,81	0,74	—	—	—	—	—	—
Magnesia (MgO)	1,31	11,19	4,49	12,79	—	—	—	—	—	—
Eisenoxyd u. Thonerde (Fe ₂ O ₃), (Al ₂ O ₃)	—	0,12	0,08	—	—	—	—	—	—	—
Phosphorsäure (P ₂ O ₅)	—	—	—	0,06	—	—	—	—	—	—
Schwefelsäure (SO ₃)	34,97	38,78	53,84	53,48	41,34	—	—	—	—	—
Salpetersäure (N ₂ O ₅)	5,37	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Kohlensäure (CO ₂)	1,19	2,56	0,65	0,26	5,38	—	—	—	—	—
Chlor (Cl)	15,40	6,29	0,50	0,10	3,45	—	—	—	—	—
Org. Substanz u. Wasser	1,29	19,72	4,39	9,50	5,78	—	—	—	—	—
	103,18	101,14	100,18	99,69	100,59	—	—	—	—	—
	3,48	1,42	0,11	0,02	0,80	—	—	—	—	—
	99,70	99,72	100,07	99,67	99,79	—	—	—	—	—
Abziehen wegen Sauerstoffüberschuß.										
Summe						—	—	—	—	—

Zusammensetzung des wasserlöslichen Theiles.

Verbindungen:										
Kaliumsulfat (K ₂ SO ₄)	2,37	3,07	1,77	8,59	3,07	—	—	—	—	—
Natriumsulfat (Na ₂ SO ₄)	56,54	43,38	83,35	47,10	76,79	0,55	73,17	93,40	10,80	15,30
Natriumnitrat (NaNO ₃)	9,39	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Natriumkarbonat (Na ₂ CO ₃)	—	—	—	0,71	13,99	96,78	22,98	—	89,20	84,70
Natriumchlorid (NaCl)	27,47	14,60	0,91	0,18	6,15	2,67	3,85	6,60 ³⁾	—	—
Magnesiumsulfat (MgSO ₄)	4,23	38,94	13,97	43,42	—	—	—	—	—	—
Summe	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

¹⁾ Hayden's Report, 1871.

²⁾ Hayden, 1873.

³⁾ Kochsalz und Glaubersalz.

Die vorstehende Tabelle zeigt, daß in der ganzen Welt die ausblühenden Salze, welche ihre Gegenwart allgemeinen klimatischen Ursachen verdanken, der Hauptsache nach aus den drei Natriumsalzen — Kochsalz, Glaubersalz und Soda (kohlensaures Natron) — bestehen. Die gegenseitigen Mengenverhältnisse dieser Salze sind sehr verschieden, besonders in Bezug auf Kochsalz und Soda; das Glaubersalz ist fast immer in bedeutender Menge gegenwärtig und bildet in manchen Gegenden den fast ausschließlichen Bestandtheil. Dies ist besonders da der Fall, wo Gypslager anstehen oder wo derselbe oder eisenkiesführende Gesteine sonst ein häufiger Bestandtheil der Landesformationen sind, wie das in den Tertiärformationen und in der oberen Kreide besonders oft vorkommt. So findet man, wie oben bemerkt, in einigen Theilen von Nevada verwittertes Glaubersalz als Hauptmasse des weißgrauen Sandes, in den man zuweilen knietief einsinkt; und in Montana sowohl wie in Washington bestehen die Salze kleiner Salzseen wesentlich aus Glaubersalz mit wenig Kochsalz und, je nach der Gegenwart oder Abwesenheit lebender oder todter Pflanzen, mehr oder weniger kohlensaurem Natron. Die Erklärung des letzteren Umstandes folgt unten; es giebt sich übrigens das Vorkommen der Soda auch ohne Reagentien unschwierig durch die schlimme Einwirkung auf die Vegetation, sowie auch dadurch zu erkennen, daß an anscheinend nur mäßig feuchten Stellen oft nur eine dünne Kruste einen tiefen Morast bedeckt, aus dem einsinkende Thiere zuweilen nur mit Schwierigkeit entkommen können. Anderswo findet man Tümpel, deren seichtes Wasser durch das Herumwaten der Wasservögel in einen flüssigen Schlamm brei verwandelt worden ist, weil die einmal durch das kohlensaure Natron verpuddelte resp. diffundirte Thonsubstanz sich nicht wieder absetzt. Selbst in dem fließenden Wasser giebt sich die Gegenwart des alkalischen Salzes kund durch die üppige Entwicklung einer besonderen Alge, die in dem Strom hin- und herfluthet und stückweise fortgerissen wird, um dann in den ausflußlosen Seen sich weiter zu entwickeln und dicke, flanellartige Matten zu bilden, die oft die Neugier der Bewohner und Reisenden reizen. Es ist von praktischem Interesse, diese Merkmale der Sodaböden zu beobachten, weil sie ohne chemische Untersuchung leicht ein Urtheil über die Natur der vorkommenden Salze zu bilden gestatten. Da überdies das Kochsalz durch den Geschmack zu erkennen ist, so kann man ohne Schwierigkeit

erkennen, ob dieses oder das fast geschmacklose Glaubersalz im Uebrigen vorherrscht.

Neben diesen drei Hauptbestandtheilen, zu denen sich nur selten eine für praktische Zwecke bedeutsame Menge von Borax gesellt, finden sich aber fast stets kleine Mengen anderer Salze, deren Gegenwart und größere oder kleinere Menge mehr von geologischen und theilweise auch von klimatischen Umständen abhängt. Unter diesen accessorischen Bestandtheilen sind die Kalisalze, die Nitrate und die Phosphate von besonderem Interesse, weil sie es sind, welchen die vorwiegende Wichtigkeit in unseren Düngemitteln zukommt. Es ist einleuchtend, daß, wenn sich diese Stoffe in den auswitternden Salzen zeigen, sie in den betreffenden Böden im Ueberschuß enthalten sein müssen, was in der Praxis bedeuten würde, daß eine Zufuhr derselben durch Düngung auf lange Zeit hin oder für immer unnöthig sein könnte.

Es wäre nun zu bedenken, inwiefern das Vorkommen dieser wichtigen Accessorien von klimatischen Bedingungen abhängig ist, und welche örtliche Umstände dieses Vorkommen und die Benutzung des Landes beeinflussen können.

Nitrate. Ganz augenscheinlich von klimatischen Bedingungen abhängig ist das Vorkommen der Nitrate in irgend bedeutenden Mengen. Denn nicht nur wird ihre Bildung an sich durch eine gewisse höhere Temperatur (am besten etwa 24° C.) bedingt, sondern es muß zu gleicher Zeit ein mäßiger Grad von Feuchtigkeit mitwirken, der den Zutritt der Luft erlaubt, aber die Möglichkeit reduzierender Gährungsprozesse ausschließt. Es muß fernerhin Kalk- oder Magnesiakarbonat gegenwärtig sein, und vor Allem der mikroskopische Organismus oder das Ferment, das jetzt als die nothwendige Bedingung der Salpeterbildung erkannt ist. Jeder Umstand, welcher das Leben oder die Thätigkeit jenes Fermentes gefährdet oder aufhebt, verhindert damit auch die Salpeterbildung mehr oder weniger vollständig.

Unter den häufig gegenwärtigen Stoffen nun, welche dem Leben jenes Fermentes schädlich sind, wären die Chloride des Calciums und Magnesiums («Mutterlaugensalze») zu erwähnen; nächstdem auch die Alkalikarbonate, sobald dieselben in irgend bedeutender Menge vorhanden sind, besonders wenn diese ausreicht, um die Humussubstanz des Bodens

aufzulösen. Es ist also zu erwarten, daß in marinen Salzböden, sowie in den terrestren, in welchem das Natronkarbonat sehr bedeutend vorwiegt, salpetersaure Salze wenig oder gar nicht gebildet werden, während, wo Kochsalz und Glaubersalz die Hauptmasse bilden, derselben kein Hinderniß im Wege steht. Die Untersuchung nun bestätigt diese Voraussetzungen vollkommen; man findet bedeutende Prozentgehalte an Nitraten besonders da, wo das «weiße Alkali» vorherrscht, d. h. neutral reagirende Salze der beiden Alkalien, und Erdsulfate, während in Marschböden, sowie auch wo das Natronkarbonat den vorwiegenden Bestandtheil der löslichen Salze bildet, Salpeter wenig oder gar nicht zu finden ist. Auch in Chile und in den Salpetergängen Nevadas ist derselbe nur mit neutralen Alkalisalzen — Chloriden und Sulfaten — gemengt; dasselbe bestätigt sich wesentlich in den Auswitterungssalzen von Montana und Kalifornien. In den sehr stark alkalisch reagirenden Salzen Washingtons sind nur Spuren von Nitraten zu finden.

Wir finden nun in den nothwendigerweise kalkreichen Böden der ariden Region eine der zur Salpeterbildung nöthigen Bedingungen stets erfüllt. Auch der immer nur mäßige Feuchtigkeitszustand und die leichte Durchdringlichkeit der Böden derselben bildet eine günstige Bedingung, insofern dadurch die Oxydationsprozesse begünstigt werden gegenüber den reduzirenden Gährungsprozessen, die in den regenreichen Regionen oft nicht nur alle Oxydation zeitweilig aufheben, sondern auch durch die Bildung von Mineralgiften (Eisen- und Manganoxydul-Salzen) das Leben des salpeterbildenden Fermentes, wie auch das der Pflanzenwurzeln gefährden. Sogar die ausnahmsweise Imprägnirung mit Alkalikarbonaten wirkt weniger schädlich auf die Ernährung der Pflanzen, als man es erwarten könnte; denn sowohl die Analyse, wie auch die Wahrnehmung des Geruchssinnes zeigt in diesem Falle oft eine lebhafte Bildung von Ammoniak, welches zweifellos aus der Humussubstanz unter diesen Umständen ebenso gebildet wird wie bekanntlich bei dem Kochen mit Aetzlauge. Oertlich findet zuweilen dieser Prozess so energisch statt, daß man glaubt, es müsse ein Misthaufen irgendwo in der Nähe sich befinden, während thatsächlich nur der heiße Sonnenschein auf einen mit «schwarzem Alkali» getränkten humosen Thalboden einwirkt. Daß unter solchen Umständen auch bisweilen Ammoniaksalze in der Auswitterungsmasse vorkommen, kann sonach nicht befremden; es ist also

in der ariden Region auch in diesem Falle für die Stickstoffnahrung der Pflanzen gesorgt. Dazu kommt, daß einmal gebildete Nitrate hier nicht, wie das in der humiden Region der Fall sein würde, laufend oder wenigstens im Winter ausgelaugt werden, sondern ein Jahr nach dem andern sich in dem Boden anhäufen können. Es ist also im Allgemeinen anzunehmen, daß das aride Klima der Stickstoffernährung der Pflanzen besonders günstig ist. Es sind Nitrate fast ausnahmslos ohne Schwierigkeit in den Böden der regenarmen Gegenden nachweisbar.

Kali. Die Gegenwart des Kalis ist natürlich, was dessen Menge betrifft, sehr von der Natur der Gesteine abhängig, aus der sich die Böden hauptsächlich gebildet haben. Wir finden demnach, wo Granite oder Trachyte vorherrschen, oft sehr große Prozentsätze an Kali, sowohl in den Auswitterungssalzen als in den Böden selbst, wo sich das Kali vorzugsweise vor dem Natron in Zeolithform anhäuft. Wo in der Analyse wasserlöslicher Auswitterungssalze das Kali gar nicht angegeben ist, glaube ich meiner Erfahrung nach annehmen zu können, daß dasselbe einfach übersehen und als Natron in Rechnung gebracht worden ist. Die obigen Analysen zeigen beispielsweise, daß in Kalifornien und Montana Kalisalze oft 7 bis 20⁰/₀ der ganzen Salzmasse ausmachen, was, wenn man die letztere im Durchschnitt nur zu 0,2⁰/₀ der Bodenmasse annimmt, auf eine den Pflanzen völlig zugängliche Menge von Kali deutet, welche die Kalidüngung wohl auf lange Zeiten hinaus entbehrlich zu machen verspricht. Es scheint übrigens keine besondere Beziehung zwischen dem Kaligehalt der Auswitterungssalze und deren neutraler oder alkalischer Reaktion zu bestehen, d. h. die Karbonatbildung scheint durch die Gegenwart oder Abwesenheit des Kalis nicht merklich beeinflußt zu werden.

Phosphate. Die Schwerlöslichkeit der Erdphosphate hat voraussichtlich zur Folge, daß in neutralen Auswitterungssalzen nur Spuren von Phosphorsäure sich finden werden; und die Untersuchung bestätigt diese Voraussetzung. In den Fällen bedeutenden Ueberschusses von Alkalikarbonaten jedoch (also im Fall, daß «schwarzes Alkali» vorliegt) sind lösliche Phosphate fast immer in Prozentsätzen vorhanden, welche auf die Pflanzenernährung einen sehr wesentlichen Einfluß üben müssen, zuweilen so hoch, daß sie, wie in dem Fall des Kalis, dem Landwirth auf lange Zeiten aller künstlichen Phosphatdüngung zu überheben versprechen.

Es verlohnt sich demnach jedenfalls der Mühe, das Vorkommen der «weißen und schwarzen» (d. h. neutralen oder stark alkalischen) Auswitterungssalze eingehend zu betrachten und die Mittel und Methoden, mit denen man ihren schädlichen Einfluß auf den Pflanzenwuchs bekämpfen kann, zu besprechen.

Die Bildungsweise der natürlichen Soda. Wenn man in der früheren oder neueren Litteratur nach einer vernünftigen Erklärung der Bildung der natürlichen Soda — des «Mineralalkalis», Trona des älteren Handels — sucht, so findet man merkwürdigerweise nichts als Vermuthungen, die im Allgemeinen darauf hinauslaufen, daß auf irgend eine Weise der natürlich vorkommende kohlensaure Kalk dabei betheiligt sei, indem auf unbekannte Art ein Austausch mit dem Glauber- oder Kochsalz stattgefunden habe. Wie dies aber zugehen solle, angesichts der täglich uns vorliegenden gegentheiligen Reaktion, die sogar zu der quantitativen Bestimmung des Kalkes herangezogen wird, hat Niemand erklärt, und in der neuesten Zeit ist die Möglichkeit einer solchen Reaktion noch speziell in Abrede gestellt worden¹⁾.

Und doch ist thatsächlich diese Reaktion schon 1826 von *Rudolph Brandes* wirklich ausgeführt und besprochen worden; 1855 veröffentlichte *Alexander Müller*²⁾, ohne *Brandes'* Vorgang bemerkt zu haben, einen Versuch, der ein völlig entscheidendes Licht auf den Vorgang warf. *Brandes* hatte indessen das entscheidende Moment — die Gegenwart freier Kohlensäure in dem Lösungswasser — übersehen und die Einwirkung der großen Verdünnung zugeschrieben; *Müller* erkannte die Wesentlichkeit jenes Umstandes, scheint aber an die Wichtigkeit der Reaktion in der Natur nicht gedacht zu haben. Ich selbst beobachtete schon zu derselben Zeit, daß die Abdampfrückstände von Mineralwassern sehr häufig Gypskrystalle neben einer stark alkalischen Lösung enthalten; doch wurde ich erst durch die Beobachtung der Verwitterungssalze zu näherer Untersuchung des Sachverhaltes und der einschlagenden Litteratur gebracht. Da die Resultate des quantitativen Studiums der Reaktion durch meine Assistenten schon vor vier Jahren in Amerika und ganz

¹⁾ *Graham-Otto's Handbuch der Chemie*, von *Michaelis* 1884 herausgegeben; m. s. Trona.

²⁾ *Journ. f. prakt. Chemie*.

kürzlich auch in Deutschland veröffentlicht worden sind¹⁾, so reicht es hin, hier nur auf die wesentlichen Bedingungen der Bildung des Natronkarbonats hinzuweisen, die in der ariden Region fast überall sich verwirklichen, aber außerdem auch in allen Gesteinsschichten, in welchen mit Kohlensäure geschwängertes Wasser zirkulirt, als einer der allgemeinsten und tiefwirkendsten Zersetzungs- und Metamorphisierungsprozesse thätig sein muß.

Das Wesen des Prozesses besteht einfach darin, daß, bei Gegenwart freier Kohlensäure, Calcium- oder Magnesiumkarbonat und Alkalisulfate oder Chloride sich in Alkalikarbonate und die betreffenden Erdsalze umsetzen, und daß diese Umsetzung auch stichhält, so lange noch irgend ein Ueberschuß von Kohlensäure über das normale Karbonat hinaus (als «Sesquikarbonat») in den Alkalisalzen sich befindet. Ein solcher Ueberschuß existirt aber in der Natur fast immer, vor allen Dingen in dem Humusboden, dessen Luft stets bedeutende Mengen von Kohlensäure enthält, und je nach dem Ueberschuß der Kohlensäure und der Konzentration der Salzlösungen wird die Zersetzung mehr oder weniger vollständig sein, indem bei sehr verdünnten Lösungen (weniger als 1 gr pro Liter) alles Sulfat in Karbonat umgewandelt wird.

Es versteht sich, daß hierbei Erdkarbonate im Ueberschuß gegenwärtig sein müssen. Daß dies aber in den Böden der ariden Regionen ausnahmslos der Fall ist, wurde oben angegeben, und durch die Analysen bestätigt. Es steht sonach zu erwarten, daß überall, wo in der ariden Region Kohlensäureentwicklung stattfindet — also nicht nur im Boden, sondern auch in Sümpfen und Teichen, wo Pflanzen wachsen und vermodern —, die Bildung der Alkalikarbonate stattfinden muß, am leichtesten, wo Sulfate zur Wirkung kommen, da der sich ausscheidende Gyps größtentheils etwaiger Rückwirkung sich entzieht, während die Erchloride zugleich mit den Alkalisuperkarbonaten in Lösung verharren.

Es ist auch hiernach leicht zu ersehen, warum, wie schon oben bemerkt wurde, das «schwarze Alkali» zumeist in dem Tieflande und besonders in humosen Thalböden vorkommt, wo stärkere Entwicklung von Kohlensäure und größere Feuchtigkeit in bündigeren Böden die besprochene Wirkung am meisten begünstigt.

¹⁾ Proceedings of the American Association for the Promotion of Agricultural Science, 1888 u. 1890; Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft, Dezember 1892.

Einfluß warmer Klimate auf die Bildung der Soda. Da die Verwesungsprozesse wesentlich durch eine gewisse höhere Temperatur bedingt werden und durch Kälte vollständig unterdrückt werden können, so ist es natürlich, daß die von der Kohlensäureentwicklung abhängige Bildung der Alkalikarbonate am häufigsten und am schnellsten in warmen Klimaten stattfindet. Diese Betrachtung erklärt die That- sache, daß vor Zeiten die Einfuhr der damals so wichtigen Mineralalkali- salze ausschließlich aus wärmeren Ländern kam; Egypten, Nordafrika, Arabien, die Aralo-kaspische Niederung, Turkestan, das nordwestliche Indien, endlich auch Mexiko waren die Länder, von wo aus die Trona, Kara resp. Urao in den Handel kam.

Man wird also in der Regel nicht erwarten, daß in kalten Klimaten die Alkalikarbonate sich in bedeutender Menge bilden könnten; und die Tabelle zeigt, daß dies in Montana wenigstens auffallend stichhält, indem fast nur Glaubersalz und Kochsalz mit mehr oder weniger Erdsulfaten die Auswitterungssalze bilden. Aber in dem Staat Washington, der doch ziemlich in der gleichen Breite liegt, ist gerade das Gegentheil der Fall; die Prozentgehalte an Natronkarbonat in den Auswitterungssalzen steigen eben so hoch als in Montana und Kalifornien der Glaubersalzgehalt.

Bei genauer Betrachtung bemerkt man indessen in Washington eine besondere Ursache dieses Sachverhaltes. Es ist nämlich fast der ganze Theil des Staates, in dem Auswitterungssalze überhaupt vorkommen, von dem schwarzen Eruptivgestein unterlagert, das gewöhnlich Basalt genannt wird. Diese Gesteine sind natürlich ganz frei von Gyps und enthalten nur äußerst selten eine Spur von Eisenkies. Es fehlen hier also fast vollständig die gewöhnlichen Quellen der Schwefelsäure, und da bei der Gesteinsverwitterung direkt Karbonate gebildet werden (bei dem sehr basischen Charakter des Gesteins entsteht kein lösliches Silikat), so bleiben diese hier einfach unverändert und werden von dem vielen Spalten ent- strömenden Quellwasser fortgeführt oder wittern aus dem röthlichen Ver- witterungsboden aus. Doch findet man auch in Washington und Oregon in einigen Fällen, wo bedeutendere Schichten der Kreide oder Tertiär- formation das Eruptivgestein unter- resp. überlagern¹⁾, ein Vorherrschen

¹⁾ Die sog. Basaltformation des pazifischen Nordwestens — wohl die größte Spalteneruption der Welt — gehört der mittleren Tertiärzeit an und wechsellagert oft mit versteinerungsführenden Tertiärschichten.

des Glaubersalzes gegenüber der Soda, wie dies in den gemischten Formationen Montanas und Kaliforniens die Regel ist.

Es versteht sich, daß örtliche Umstände solche Ausnahmen bedingen können; doch auch hier dient die Ausnahme zur Befestigung der Regel.

Die Melioration der Alkaliböden.

Ogleich die Einzelheiten der Melioration der Alkaliländereien, wo dieselben für Kulturzwecke zu stark mit Salzen geschwängert sind, nicht innerhalb des Zweckes dieser Abhandlung liegen, so ist doch dieser Gegenstand von so großer praktischer Wichtigkeit und an sich so lehrreich, daß wenigstens eine kurze Betrachtung desselben am Platze ist. Daß hierbei hauptsächlich die Erfahrung und die danach herangebildete Praxis Kaliforniens maßgebend sein muß, beruht auf der Thatsache, daß dort zuerst ein gründlicheres Studium der einschlagenden Fragen von theoretischer und praktischer Seite unternommen worden ist und rasch in der landwirthschaftlichen Praxis Eingang gefunden hat.

Einfluß der Bewässerung auf Alkaliböden. Da die Existenz solcher Böden auf unzulänglichem Regenfall beruht und demnach künstliche Bewässerung zu ihrer Bewirthschaftung nothwendig ist, so könnte man denken, daß, wenn die Unzulänglichkeit der natürlichen Niederschläge durch Bewässerung ersetzt wird, damit auch der Ueberschuß der angehäuften Salze sich ohne Weiteres beseitigen lasse, sofern dadurch der normale Auslaugungsprozeß wiederhergestellt werde. In der Praxis aber gestaltet sich dies leider ganz anders; es ist die allgemeine Erfahrung, daß die Bewässerungskultur die Anhäufung der Auswitterungssalze an der Oberfläche (wo dieselben ihre schlimmste Wirkung ausüben) außerordentlich vermehrt, so daß nach und nach hochwerthiges bepflanztes Kulturland dadurch völlig unkultivirbar werden kann.

Dieser scheinbare Widerspruch erklärt sich daraus, daß sowohl die Menge als die Vertheilung des durch die Bewässerung zugeführten Wassers eine ganz andere ist als in den regenreichen Ländern. Das Wasser der Bewässerungskanäle und der sie oft speisenden künstlichen Teichanlagen ist kostbar und wird natürlicherweise nur in der zum Gedeihen der Kulturpflanzen nöthigen Menge zugeführt, nicht zeitweilig in großem Ueberschuß und dann wieder gar nicht, bis nahe zu der Grenze ernstlichen Schadens, wie das in der humiden Region zu geschehen pflegt, und

höchst selten in so großer Menge, daß es bis in das Grundwasser und in das Bereich der Quellen und Bäche kommt. Für Kulturzwecke reicht es ja hin, den Boden bis auf die Tiefe zu benetzen, die von den Wurzeln der Pflanzen erreicht wird; auch diese wechselt natürlich je nach der Natur der Pflanzungen. So werden denn die im Obergrund enthaltenen Salze nur bis in eine gewisse mäßige Tiefe sozusagen eingelaugt, nicht aber ausgelaugt; sobald die Bewässerung aufhört und die Verdunstung beginnt, beginnen auch sie ihren Aufstieg und sammeln sich schließlich wieder gerade da, wo sie sich vor der Bewässerung befanden.

Es ist nun aber weiter zu berücksichtigen, daß die Befeuchtung des bewässerten Bodens eben doch fast immer bedeutend tiefer reicht als die, welche der natürliche Regenfall zu Stande zu bringen pflegt. So reicht z. B. in dem südlichen San Joaquinthal die natürliche Befeuchtung selten tiefer als etwa 1 Meter; bei der Bewässerung aber, besonders wo Obst- oder Rebenkultur in Rede steht, erstreckt sich die künstliche Befeuchtung mindestens in die doppelte Tiefe. Es ist oben schon die leichte Durchdringlichkeit der Böden der ariden Regionen besprochen worden, in Folge der der Verwitterungsprozeß, der sonst auf die Ackerkrume beschränkt ist, auch in die Tiefe dringt und so selbst den Untergrund für die Vegetation tauglich macht. Dies bedingt aber auch die Abscheidung der Auswitterungssalze in der Tiefe, und so lange die natürlichen Bedingungen fort-dauern, bleiben diese einfach da, wo sie gebildet wurden. Wird nun aber der Boden bis auf größere Tiefen benetzt, so wird auch die ganze Menge der in der größeren Bodenschicht enthaltenen Salze mit in die Zirkulation genommen und hat Gelegenheit, bei hinlänglicher Verdunstung an die Oberfläche zu steigen. Wenn so die doppelte oder dreifache Menge von Salzen dort zur Einwirkung auf die Wurzelkrone der Pflanzen kommt, kann es wohl passiren, daß, wo ursprünglich gar keine Salze sich zeigten, nun eine sehr dringliche Gefahr bedeutenden Schadens entsteht. Ueberdies scheint die Erfahrung zu zeigen, daß bei der Bewirthschaftung auch da, wo ursprünglich nur neutrale Alkalisalze existirten, nach und nach Karbonate zum Vorschein kommen und so den Schaden außerordentlich steigern können. Dies ist erklärlich, wenn man bedenkt, daß durch die Bebauung und Bewässerung eine lebhaftere Oxydation und Bildung von Kohlensäure eingeleitet wird, wodurch natürlich die oben berührte Umsetzung zwischen Kalkkarbonat und Glaubersalz gefördert wird.

«Auffüllung» des Landes. Zu dieser ganz allgemeinen Einwirkung der Bewässerung gesellt sich oft noch eine andere, die auch durch die größere Durchdringlichkeit der ariden Böden gefördert wird. Es ist einleuchtend, daß, wenn man in solchem Lande nicht besondere Vorsicht auf die Verdichtung der Leitungsgräben verwendet, ein großer Theil des Wassers statt fortzufließen, einfach durch die Grabensohle einsickert, so daß es manchmal viele Tage dauert, ehe das am oberen Ende eingelassene Wasser das untere Ende des Kanales erreicht. Der Anfangs ungeheuere Wasserverlust vermindert sich indessen nach und nach, indem das ursprünglich in vielleicht 12 bis 15 Meter Tiefe befindliche Grundwasser immer mehr steigt und so der Abzug aus den Gräben entsprechend sich vermindert. Zuletzt kann das Grundwasser auf einen oder zwei Meter Tiefe von der Oberfläche gelangen, ja in den Vertiefungen an oder über die Oberfläche steigen und das Land völlig versumpfen.

Wäre nun das so aufgestiegene Wasser nur solches, wie es auch in den Gräben läuft, so wäre der Schaden nicht so groß. Thatsächlich aber hat sich dieses Wasser bei seinem Aufstieg mit der ganzen Masse der in vielen Metern Untergrund enthaltenen Salze beladen; der Untergrund ist aufwärts ausgelaugt worden und die Kultur hat nun eine oft zehnmal größere Menge jener Salze zu bewältigen, als sonst in der Kulturschicht vorhanden waren. Zuweilen bestehen die in den Vertiefungen angesammelten Tümpel aus einer so stark alkalischen Lauge, daß überhaupt kein organisches Leben in derselben existiren kann. Auf diese Weise ist es sowohl in Kalifornien wie in Indien geschehen, daß Alkalisalze in schädlicher Menge zum Vorschein kamen, wo nie vorher solche beobachtet worden waren; und daß altes, vielleicht seit Jahrhunderten ohne Schwierigkeit bebautes Kulturland der Bewirthschaftung verloren ging. In Indien ist dies in weitgreifender Weise herbeigeführt worden durch die von der englischen Regierung mit dem besten Willen zur Erleichterung der Bewässerung und zur Verhinderung der oft wiederkehrenden Hungersnoth angelegten hochliegenden Kanäle, die aus dem Dschumna und Ganges ihr Wasser beziehen; in Kalifornien hat derselbe Uebelstand in einigen der fruchtbarsten Gegenden des San Joaquinthales so überhand genommen, daß nun die Bewässerungsfrage ganz von der Drainirungsfrage überschattet wird. Denn selbstverständlich hat die Nothwendigkeit der Be-

wässerung in solchen «aufgefüllten» Distrikten längst aufgehört, und das Aussterben der älteren, tiefliegenden Obstgärten und Weinberge mahnt dringend an die Nothwendigkeit rascher Abhilfe für das rasch wachsende Uebel, welches auch da, wo das Wasser an sich nicht zu nahe an der Oberfläche steht, doch durch die Tödtung der tiefliegenden Wurzelenden und die Verringerung der Bodentiefe auf die Fruchtbarkeit einen sehr schädlichen Einfluß übt.

Drainirung. Es liegt nun auf der Hand, daß angemessene Drainirung sowohl das überschüssige Wasser wie auch die Alkalisalze ein für allemal beseitigen kann, selbst wenn die Auffüllung des Landes von unten auf fortdauern sollte, was übrigens schon wegen des übermäßigen Wasserverbrauches wohl nicht lange mehr geduldet werden wird, sofern das Dichtmachen der Hauptkanäle, obgleich sehr kostspielig, wenigstens diesem Uebel ein Ende machen und das nun so nachtheilige Wasser für die Bewässerung vieler, jetzt noch durstiger, aber sehr werthvoller Landstrecken nutzbar gemacht werden kann. Es ist also abzusehen, daß in dem Falle Kaliforniens wenigstens die dort sehr kostspielige Drainirung in nicht ferner Zeit unnöthig sein dürfte; und es wäre so doppelt wichtig, zu bedenken, ob nicht durch andere Mittel als Drainirung dem Uebel abgeholfen werden kann, da, wie wir oben gesehen haben, dadurch ein sehr empfindlicher Verlust an löslichen Pflanzennährstoffen entstehen würde, der später durch den Ankauf von Kunstdünger ersetzt werden müßte.

Gegenmittel ohne Drainirung. Wenn es also möglich wäre, durch weniger eingreifende Mittel die Alkalisalze der Kultur unschädlich zu machen, so wäre dies eine große Ersparniß. Es sollen nun diese Mittel in Kürze betrachtet werden.

Vor Allem ist zu bemerken, daß das Grundwasser resp. die Bodenfeuchtigkeit auch in den schlimmsten Alkaliböden selten so stark mit Salzen beladen ist, daß die Lösung direkt den Wurzeln schädlich würde. Die Prozentgehalte steigen nicht oft über 0,25⁰/₀, außer in der oberflächennahen Schicht, d. h. etwa in dem obersten Centimeter des Bodens, wo 1 bis 3⁰/₀ oft vorkommt, was dann, im Fall das Alkali «schwarz» ist (d. h. viel Natronkarbonat enthält), schon der Wurzelkrone mancher Pflanzen schädlich sein kann. Zumeist ist es indessen die wirklich obenaufliegende Salzkruste, welche bei der nächtlichen Bethauung oder sonstiger Benetzung

eine konzentrirte Lauge mit der Epidermis in Berührung bringt und dieselbe bei nachfolgender Sonnenhitze in kurzer Zeit oft tödtlich verletzt.

Es ergiebt sich hieraus als erste Regel der Behandlung von Alkaliböden, daß die Verdunstung, in Folge welcher die Anhäufung der Salze an der Oberfläche stattfindet, möglichst verhindert werden muß. Es ist dies bei nicht sehr stark geschwängerten Böden meist schon dadurch zu erreichen, daß die Bodenoberfläche zu jeder Zeit im Zustande bester Beackerung erhalten und vor allen Dingen die auch nur zeitweilige Bildung einer Kruste sorgfältig verhindert wird. Es ist auch einleuchtend, daß, je tiefer die beackerte Ackerkrume ist, desto sicherer eine schädliche Anhäufung der Salze in der Oberflächenschicht verhindert werden wird.

Ein ähnlicher Sachverhalt wird auch dadurch herbeigeführt, daß man den Boden dicht bedeckt oder beschattet. Im Fall von Obstgärten ist dies schon durch Bedeckung mit Stroh oder Blätterstreu zu erzielen; aber tiefwurzelnnde Kulturpflanzen, die den Boden so dicht beschatten, daß die Verdunstung wesentlich nur durch die Blätter stattfindet, können ohne Weiteres fortkommen, sobald sie einmal eine gewisse Entwicklung erreicht haben. Hier ist in der Regel die Schwierigkeit, eine hinlänglich dichte Bestockung zu erlangen, da besonders bei kleinen Samen die Alkalisalze sehr leicht die Lebensfähigkeit gefährden. Es hat sich die Luzerne (Alfalfa) zu diesem Zweck ganz besonders bewährt, indem «weißes Alkali» das Keimen der Samen nicht leicht beeinträchtigt; ist aber «schwarzes» vorhanden, so verfaulen die Samen oft fast vollständig im Boden. Außerdem sind Rameh, Baumwolle und andere dicht belaubte Pfahlwurzelpflanzen mit Vorthail auf Alkaliboden gebaut worden, ohne besondere Vorsichtsmaßregeln. Stecklinge, selbst von Weinreben und Weiden, mißrathen in der Regel vollständig; aber mit der Auspflanzung von Sämlingen oder sonst bewurzelten Pflanzen hat es meist keine Schwierigkeit.

Viel schwieriger gestaltet sich die Sachlage, wenn die Alkalisalze wesentlich «schwarz» sind; wenn also der Gehalt an Natronkarbonat hinlänglich groß ist, um sich durch die Auflösung der Humussubstanz und die dunkle Färbung der Oberflächenhöcker oder die dunkeln Ringe, die bei der Verdunstung von Pfützen zurückbleiben, kundzugeben. Es ist hier nur in ganz gelinden Fällen ohne Umwandlung des Natronkarbonates in Glaubersalz überhaupt etwas Nennenswerthes zu thun;

und es wurden bisher solche Böden, die bisweilen auch fleckenweise wie große Pockennarben meilenweit das Land durchziehen, als kulturunfähig betrachtet, da viele Versuche, sie durch Dünger verschiedener Art zu verbessern, die Sache womöglich noch zu verschlimmern schienen. In bündige Böden dieser Art vermag weder Spaten noch Pflug einzudringen; der Karst bringt mit Mühe große Erdklötze zum Vorschein, die dem Zerschlagen hartnäckig widerstehen und an der Sonne steinhart austrocknen. Es ist unmöglich, durch die beste Bestellung auch nur entfernt eine Kulturschicht, die man als Ackerkrume bezeichnen könnte, hervorzubringen; man erzeugt nur rundliche Schollen, etwa bis zu Erbsengröße hinab, die man wohl durch weitere Bearbeitung poliren kann, die aber keine Spur von Krümelstruktur annehmen. Vergleichende mechanische Analysen zeigen oft kaum einen nennenswerthen Unterschied in der Zusammensetzung eines solchen Bodens und der leicht kultivirbaren Gartenerde nebenan; der Unterschied in dem Verhalten ist augenscheinlich der Wirkung des Alkalikarbonates zuzuschreiben, welches den Boden so vollständig verpuddelt, daß er im nassen Zustande direkt für die Töpferscheibe, im trocknen zu Pflastersteinen passend erscheint. In den Vertiefungen solchen Landes sammeln sich nach jedem Regen oder Bewässerung Lachen kaffeebraunen Wassers, oft wie Mistjauche aussehend und riechend, während der obere Theil der Schollen (wegen Auslaugung) gebleicht erscheint, aber späterhin durch den Aufstieg und die Verdunstung der dunkelfarbigten Lösung fast tintenschwarz sich färbt. Selbst Getreidesamen verfaulen darin zum größten Theil, oder wenn sie keimen, ist der Wuchs dünn und zwerghaft, gelbgrün und hört gewöhnlich auf, ehe es zur Aehrenbildung kommt. Etwa aufgetragener Stalldünger verschlimmert den Zustand insofern, als das sehr merklich entwickelte Ammoniakgas die ätzende Wirkung des Natronkarbonates noch unterstützt. Daß unter solchen Umständen keine Salpeterbildung stattfinden kann, liegt auf der Hand, und nur das Alkaligras (*Distichlis maritima*) und einige der widerstandsfähigsten Chenopodiaceen vermögen in solchem Boden ihr Dasein zu fristen.

Auch in Sandböden macht sich die nachtheilige Wirkung der Soda dadurch kenntlich, daß in gewisser Tiefe — je nach Umständen $\frac{1}{2}$ bis 1 m — eine dichte Lage zäharten Untergrundes sich bildet, welche die verpuddelte und danach in die Tiefe geführte Thonsubstanz des Ober-

bodens enthält. Man kann aus der Gegenwart solcher zäh widerstehender Untergrundsschichten mit Sicherheit auf die alkalische Natur der imprägnirenden Salze schließen, und es versteht sich, daß ihre Undurchlässigkeit ein für die Kultur sehr lästiges Moment ist, sofern sowohl Wasser als Wurzeln dadurch aufgehalten werden.

Da all' diese Uebelstände auf der Wirkung des kohlensauren Natrons beruhen, so ist augenscheinlich die Umsetzung dieses Salzes in eine mildere Form vor Allem geboten.

Wirkung des Gypses auf «schwarze» Alkaliböden. Die chemische Wirkung des Gypses auf das Natronkarbonat, mit welchem es seine Bestandtheile auswechselt und so dessen ätzende Wirkung auf die Pflanzen aufhebt, ist nur ein Theil der merkwürdigen Veränderung, welche derselbe in solchen Böden zu Wege bringt. Die physikalische Veränderung läßt sich in auffallender Weise dadurch zeigen, daß man einen der zähartigen Erdklötze, welche etwa die Brechstange herausgebracht hat, mit Gypsmehl bestreut und dann benetzt. Nach kurzer Zeit — schon innerhalb einer halben Stunde — beginnt derselbe zu erweichen und sich abzukrümmeln; und bei fortgesetzter Einwirkung ist er nach einigen Tagen zu einem Krümelhaufen zerfallen, der ein viel größeres Volum besitzt als der ursprüngliche Schollen. Man erkennt jetzt, warum, wie oben bemerkt, die «schwarzen» Alkaliflecken vertiefte «Pockennarben» in der allgemeinen Oberfläche bilden: die völlige Zerstörung der Flockung resp. Krümelstruktur normalen Bodens durch die Einwirkung des Natronkarbonates hat eine Volumverminderung zur Folge, die sich natürlicherweise durch ein «Setzen» der Oberfläche kundgeben muß. Durch bloße Behandlung mit Gyps und Wasser schwellen oft diese vertieften Flecken nach und nach wieder zu der Höhe des nichtalkalischen Terrains auf; dies geschieht aber natürlich viel rascher, wenn man so viel als thunlich den Boden auflockert und so die Durchdringung fördert. Obenaufstehendes Wasser bleibt nun wegen der Niederschlagung der Humussubstanz völlig farblos, und nach vollendeter Umsetzung kann der Boden ohne weitere Schwierigkeit beackert werden, obgleich die Auflockerung noch mehrere Monate fortschreitet und auch noch längere Zeit sich verbessert, sofern nicht etwa durch das Aufsteigen alkalischen Grundwassers eine Gegenwirkung stattfindet.

Daß im Allgemeinen von dieser Seite nicht viel zu befürchten ist, indem gewöhnlich im Wesentlichen nur die Salzmenge, die in 1 bis 2 m Tiefe jährlich auf- und absteigt, zu neutralisiren resp. umzusetzen ist, wurde oben angegeben. Indessen steht die Sache anders, wenn durch das Aufsteigen des Grundwassers eine mehr oder weniger konzentrirte Salzlauge nahe an die Oberfläche gebracht wurde; es muß dann, sofern nicht Drainirung zugezogen wird, jährlich durch ziemlich starkes Gypsen nachgeholfen werden. Ob dies nöthig ist, kann aus der Reaktion des Bodens leicht erkannt werden, ehe es zu wirklicher Schädigung des Pflanzenwuchses kommt.

Bezüglich der anzuwendenden Gypsmenge ist zu bedenken, daß, wenn man von Anfang an die ganze Menge des z. B. in dem ersten Meter Tiefe befindlichen Natronsalzes neutralisiren müßte, die dazu nöthige Auslage oft für den Landwirth sehr beschwerend sein würde. In der Praxis ist es aber bei gelinderen Fällen oft ausreichend, z. B. den Luzerne oder Kleesamen mit grobem Gypsmehl gemischt unterzubringen. Als Vorbereitung des Landes scheint in den meisten Fällen eine Dosis von 300 bis 600 k ausreichend, um die zu guter Keimung nöthige Abstumpfung zu bewirken; will man aber mit einem Male der Sache ein Ende machen, so kann in schlimmen Fällen 2000 bis 2500 k nothwendig sein. Die Fortsetzung kleinerer jährlicher Zuthaten wird wohl meistens von den Landwirthen vorgezogen werden. Bei sorgfältiger Beachtung stets guter Beackerung (bei der jedoch zu tiefes Einbringen des Gypses zu vermeiden ist) kann überhaupt das Aufsteigen des Alkalis aus der Tiefe so sehr verlangsamt werden, daß für ein Erntejahr die Neutralisirung der Oberflächenschicht ausreicht. Für Obst- und Weingärten kommt man oft schon mit um den Stamm geschütteten, kleineren Gypsmengen aus.

Daß übrigens diese Neutralisirung nicht die einzige wichtige chemische Wirkung der Gypsdüngung in den Sodaböden ist, ergiebt sich aus der Betrachtung der Zusammensetzung der Salze, die in der obenstehenden Tabelle gegeben wurde. Es erfolgt nämlich auch, wie schon bemerkt, die Unlöslichmachung der vorher aufgelösten Humussubstanzen, womit zweifellos auch die Möglichkeit der Salpeterbildung wieder eintritt, sofern dieselbe nicht wegen Sterilisirung der Erde durch das Alkalikarbonat einige Zeit ausbleibt. Mit der normalen chemischen Thätig-

keit der Humussubstanz werden auch die physikalischen Wirkungen wiederhergestellt, und der Boden erhält sein normales Aussehen, statt der schwarz-weißen Fleckung, welche die Sodaböden charakterisirt.

Nächst der Humussubstanz werden auch die löslichen Phosphate durch den Gyps soweit unlöslich gemacht, daß sie der Gefahr des Auslaugens bei etwaiger Drainirung nicht mehr unterliegen, obgleich dieselben in dem äußerst fein zertheilten, gallertartigen Zustand der Aufnahme durch die säurehaltigen Pflanzensäfte durchaus zugänglich bleiben. Also auch in dieser Hinsicht wirkt der Gyps so günstig, daß sein Gebrauch in allen Fällen der Drainirung vorhergehen sollte.

Für die Zurückhaltung der so werthvollen Nitrate bietet jedoch der Gyps keine Hilfe, und es erscheint daher um so wichtiger, das Auslaugen durch Drainirung auf Fälle zu beschränken, in welchen der Gehalt an Salzen so hoch ist, daß dieselben auch durch Tiefkultur und Gypsen nicht unschädlich zu machen sind.

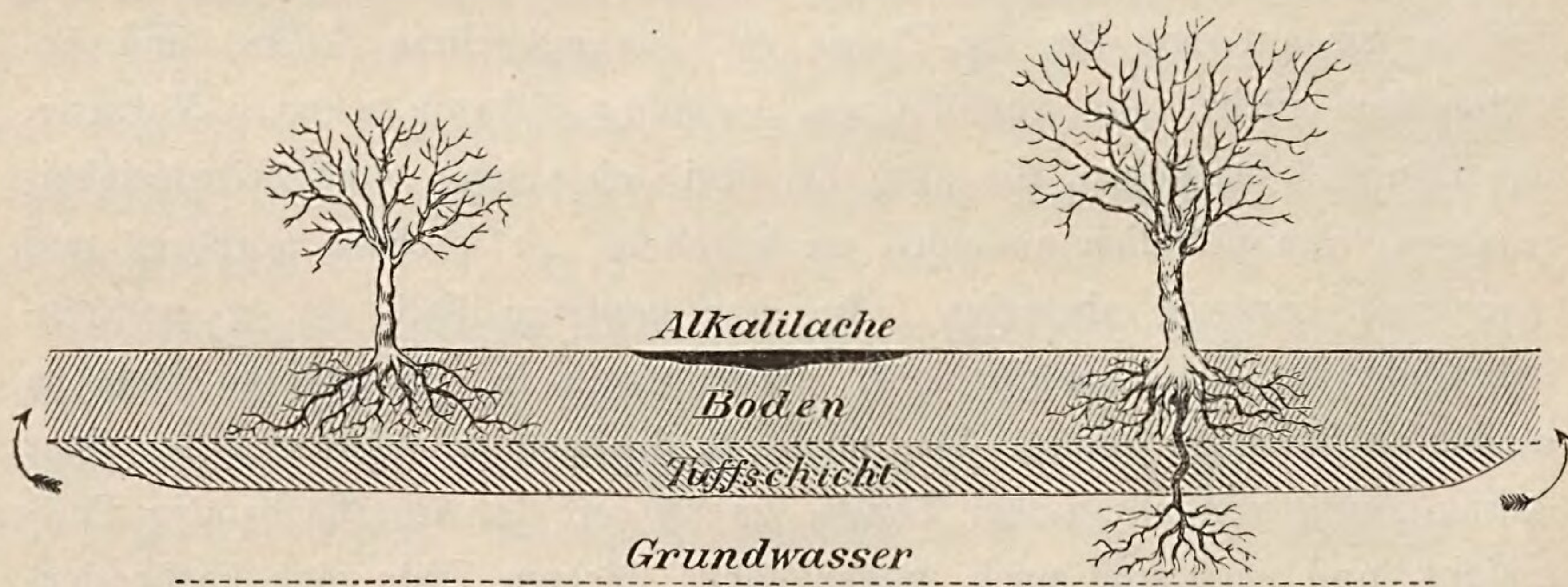
Kalktuff im Untergrund. Es ist schon oben (S. 36) angegeben worden, daß in den Alkaliböden, und zwar besonders in den «schwarzen», sich häufig in der Tiefe von 1 bis 1¹/₂ m durch Kalkkarbonat verkittete Untergrundschichten bilden, die dem Eindringen des Wassers und der Wurzeln sehr ernstliche Schwierigkeiten bereiten und wegen der Tiefe, in der sie liegen, durch gewöhnliche Kulturprozesse nicht zu beseitigen sind. Selbst wenn solche Tufflager nicht sehr große Ausdehnung besitzen (und sie bezeichnen meistentheils Stellen, in denen gern Wasser fließt oder stehen bleibt), so unterbrechen sie doch oft die Kontinuität der Aecker auf eine für die Praxis sehr unangenehme Weise, und bereiten dem nicht sehr vorsichtigen Ansiedler dadurch schwere Verluste, daß Bäume oder Reben, die zwei bis drei Jahre lang ohne Schwierigkeit wuchsen, nun plötzlich anfangen zu kränkeln, zu wachsen aufhören und manchmal kurzweg absterben. In dem letzteren Falle ist es gewöhnlich nicht nur die Unmöglichkeit, die Wurzeln in die nöthige Tiefe zu senden, sondern es kommt dazu noch oft die schädliche Einwirkung einer Ansammlung von alkalischer Lauge, zuerst auf der Oberfläche der Tuffschicht, und nach und nach immer höher, bis am Ende eine Lache derselben den todten Baum umgiebt.

Diese anscheinend schwer verständliche Erscheinung erklärt sich aus der jährlichen Bewegung des Bodenwassers besonders da, wo, wie oben

beschrieben wurde, das Grundwasser wegen Durchlässigkeit der Bewässerungskanäle bis auf geringe Tiefe unter der Oberfläche gestiegen ist. Wenn nun ein starker Regen fällt oder Bewässerung stattfindet, so steigt das Grundwasser, und wenn es die wasserdichte Tuffschicht erreicht, fließt es über die Ränder derselben und laugt alle Alkalisalze nach der Mitte zu. Fällt nun das Grundwasser wieder, so folgt die Salzlösung nicht in die Tiefe nach, sondern bleibt über der (gewöhnlich nach der Mitte zu etwas hohlen) Tuffschicht wie in einer Schüssel zurück. Fängt nun die Verdunstung wieder an, so sieht man bald an solchen Stellen Salzauswitterungen; ist der Boden etwas bündig und das Alkali «schwarz», so sinkt er bald etwas zusammen in Folge der Verpuddelung der Krümel, wird undurchlässig, und bei Regen oder Bewässerung bleibt dann eine Lache alkalischen Wassers, dessen Einwirkung wenige Kulturpflanzen lange zu widerstehen vermögen.

Es versteht sich, daß dieser Zustand der Dinge nur nach und nach durch Wiederholung derselben Wechsel im Grundwasser zu Stand kommt, aber ganz rasch zu schlimmen Folgen führen kann, wenn das Grundwasser selbst ziemlich stark mit Salzen geschwängert ist, wie das in Gegenden, wo tiefe Sickerböden von Bewässerungsgräben durchzogen werden, meist der Fall ist.

Um diese Vorgänge etwas deutlicher zu machen, füge ich die nachfolgende schematische Figur ein, die übrigens in vielen Gegenden nur zu häufig der Wirklichkeit sehr genau entspricht.



Es ist selbstverständlich, daß die Beseitigung dieser Uebelstände vor Allem die Durchbrechung oder Zerstörung der Tuffschicht erheischt; und

wo deren Gegenwart schon vor der Anpflanzung bemerkt wurde, wird (sofern nicht überhaupt von der Benutzung des Bodens für tiefwurzelnde Gewächse abgestanden wird) dies entweder durch Brecheisen bewerkstelligt, oder bei hohen Arbeitspreisen billiger durch Anwendung kleiner Dynamitpatronen, deren zersplitternde Wirkung weiter reicht und daher den Erfolg besser sichert als Handarbeit. Ist den Wurzeln so einmal Zutritt gegeben, so zertrümmern sie bald selbst die hindernde Schicht noch weiter, und der Baum entwickelt sich normal, wie das in der Figur gegenüber dem auf der Tuffschicht aufsitzenden Baum angedeutet ist. Uebrigens hat sich in der Praxis ergeben, daß eine solche Drainirung durch hinlänglich vielfache Durchlöcherung an sich schon nach und nach den Zusammenhang der Tuffmasse vermindert, und so dieselbe mit der Zeit als Kulturhinderniß verschwindet.

Indessen kann auch in Fällen, wo die Anpflanzung schon stattgefunden hat, die Zerrüttung der Tuffschicht durch kleine Sprengpatronen noch gute Dienste leisten, wenn man dieselben zu zwei oder drei in gehöriger Entfernung um den Baum herum setzt. Es versteht sich, daß man ihre richtige Stärke erst durch Vorversuche in demselben Boden feststellen muß, damit nur Erschütterung, nicht aber Zerreißung des Wurzelsystems stattfinde. — Man mag eine solche Anwendung des Dynamits in der Landwirthschaft belächeln; doch hat sie sich in der Praxis so gut bewährt, daß manchmal selbst da, wo keine Tuffschichten zu zerstören sind, die Löcher zum Baumpflanzen mit Hilfe des Pulvers geöffnet werden.

Auch die oben berührten thonigen Schichten, die im Untergrund durch das alkalische Wasser gebildet werden, können oft mit Vorthail auf diese Weise zum Zweck des Baumpflanzens aufgelockert werden. Jedoch ist die Wirkung bei der großen Zähigkeit der verpuddelten Thonmasse nicht so stark oder nachhaltig, und bei der Behandlung mit Gyps zerfallen jene Thonschichten von selbst ziemlich rasch. Wider Erwarten ist dies auch mit den Tuffen der Fall, die sehr thonigen Böden unterlagern; dieselben sind fast durchgängig weniger hart als die in Sandböden gebildeten und erweichen und zerkrümeln auffallend rasch unter dem Einfluß der Bodenkultur.

Hinsichtlich der in Indien in den letzten Jahren in dieser Richtung gemachten Fortschritte und Erfahrungen habe ich keine eingehende Nach-

richten zu Gesicht bekommen, indem keine Berichte darüber wenigstens in die weitere Oeffentlichkeit gelangt und meine Anfragen an die betreffende Stelle in Cawnpore ohne direkte Antwort geblieben sind. Aus Privatberichten verlautet, daß der vor längerer Zeit von der Aligarh Reh-Commission ausgegangene Vorschlag, den Wasserspiegel der Kanäle tiefer zu halten und die einheimischen Landwirthe so zu nöthigen, zu der Bewässerung mittelst Schöpfrädern zurückzukehren, wenigstens theilweise zur Ausführung gekommen ist, und insoweit guten Erfolg gehabt hat, als die rasche Ausbreitung der Rehflecken dadurch verlangsamt oder ganz aufgehoben worden ist, Beweis genug, daß der durch die hochliegenden Kanäle veranlaßte Aufstieg des Grundwassers daran, wie in Kalifornien, wesentlichen Antheil hatte, wie auch die übermäßige Anwendung des leicht zugänglichen Kanalwassers unausbleiblich zur Ueberwässerung führte und durch diese, wegen tieferer Benetzung, das Uebel auch noch verstärkt wurde. Von der so einfachen Anwendung des Gypses zur Neutralisirung des zerfressenden Sodasalzes hat bis jetzt noch nichts verlautet, ebensowenig von allgemeinen Angaben, wie ohne schwere Kosten die Anhäufung der Salze an der Oberfläche zu verhindern sei.

Von den älteren Versuchen, die ein intelligenter Indigopflanzer, Hr. *Michel*, bei Aligarh schon vor längerer Zeit ausführte, ist es interessant, die folgenden hervorzuheben, weil sie die in Kalifornien gemachten Erfahrungen so schlagend bestätigen.

Ein mit Salzen stark geschwängertes Stück Land, das vor Zeiten äußerst produktiv war, aber seit der Einlassung des Wassers in die Kanäle sich mit Auswitterungssalzen bedeckte, wurde so nivellirt, daß ein Wasserschwall rasch über dasselbe weggeführt werden konnte. *Michel* hoffte so die Salze wegwaschen zu können. Nach mehrmaliger Wiederholung der Operation war das Uebel genau so schlimm wie vorher.

Weiter wurde die Bodenfläche mit einer großen Menge grüner Abfälle von der Indigobereitung bedeckt, diese einige Zeit liegen gelassen und dann untergepflügt. Der dann gesäete Same ging gut auf (weil der Aufstieg des Wassers unterbrochen worden war); sobald aber die Bewässerung anging, kamen auch die Salze wieder an die Oberfläche und die Saat ging zu Grunde.

Der Versuch, die Salze abzuwaschen, das Bedecken des Bodens mit Stroh und das Einpflügen desselben in der Hoffnung, daß so die Salze

nicht mehr auswittern würden, sind alles in Kalifornien längst gemachte Versuche, die sich aber hier, wie in Indien, als auf die Dauer völlig nutzlos erwiesen, außer insofern, als Bäume, die mit Stroh umlegt wurden, wegen aufgehaltener Verdunstung von den Salzen weniger leiden als ohne solchen Schutz.

Man könnte angesichts all' dieser Schwierigkeiten denken, daß es sich doch nicht der Mühe verlohne, sich mit Alkaliböden zu befassen. Setzt man aber dagegen den unvergleichlichen Bodenreichtum und die dadurch ermöglichte hohe und dauernde Produktionsfähigkeit, so ergibt eine einfache Berechnung der anderswo unterlaufenden Düngerkosten, daß dagegen die der Melioration eines Alkalibodens wenig in Betracht kommen, selbst wenn die ultima ratio der Drainirung dabei zu Hilfe gezogen werden müßte.

Es wirft die sowohl grundsätzlich wie praktisch feststehende große und dauernde Ertragsfähigkeit der Böden arider Regionen, einschließlich auch der Alkaliböden bei rationeller Behandlung, interessante Streiflichter auf die Kulturgeschichte. Man hat sich oft gewundert, daß so vielfach gerade die Gegenden, wo Bewässerung die Bedingung der Existenz bildet, geschichtlich die Wohnorte der dichtesten Bevölkerung gewesen sind. So in Indien, Persien, Syrien, Mesopotamien, Egypten, Nordafrika, Südspanien, ja selbst in Mexiko und Arizona, wo die Bevölkerung der alten Pueblos sich dicht sammendrängte und auf ganz kleinem Areal reichlichen Unterhalt fand, statt in der üppigen tierra caliente des Küstenlandes. Auch in Südamerika finden wir die Zivilisation der Incas auf dem ariden Westabhang der Cordillera, nicht in dem reichen Waldlande des Orinoco- und Amazonasstromes.

Es ist eben die «Wüste» größtentheils nur so lange eine wirkliche Wüstenei, bis das belebende Wasser durch Menschenhand dahingeführt wird und sie in «das Land, wo Milch und Honig fließt» umwandelt. Ist ja doch den neuesten Versuchen nach sogar der sprüchwörtliche Sand der Sahara solcher Verwandlung fähig, wodurch alte Oasen wiederbelebt und neue denselben hinzugefügt werden. Völlige Sicherung und Regelmäßigkeit reichlicher Ernten und lange bzw. unerschöpfliche Fruchtbarkeit sind Vortheile, welche von dem nationalökonomischen Standpunkte aus unschätzbar erscheinen müssen, und die Verwirklichung der Besorgnisse

hinsichtlich des endlichen Verhungerns des Menschengeschlechtes sehr in's Weite verschieben, sofern bislang noch gar nicht abzusehen ist, ein wie großer Theil dessen, was jetzt auf der Weltkarte als Wüste oder Steppe bezeichnet erscheint, in Wirklichkeit bei rationeller Bewirthschaftung der höchsten Produktion fähig ist. Die Ermittlung der betreffenden That- sachen in den verschiedenen ariden Regionen der Erde ist also wohl ein Werk, welches die besten wissenschaftlichen und technischen Kräfte in Anspruch nehmen darf.



In Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg sind erschienen:

Forschungen auf dem Gebiete der **Agrikultur-Physik.**

(Centralblatt für Bodenphysik, Pflanzenphysik und Agrar-Meteorologie.)

Herausgegeben von

Dr. E. Wollny,

Professor an der königlichen technischen Hochschule in München.

Die Forschungen erscheinen in zwanglosen Heften, von denen je fünf einen Band oder Jahrgang von ca. 30 Druckbogen bilden. Erschienen sind bis jetzt 15 Bände, von denen Band I. 1878. 15 M., Band II. 1879. 19 M., Band III. 1880. 18 M., Band IV. 1881. 21 M., Band V. 1882. 22 M., Band VI. 1883. 25 M., Band VII. 1884. 22 M., Band VIII. 1885. 22 M., Band IX. 1886. 21 M., Band X. 1887. 21 M., Band XI. 1888. 21 M., Band XII. 1889. 24 M. kostet.

Bei Abnahme der ersten zwölf Jahrgänge zusammen beträgt von jetzt ab bis auf Widerruf der Preis statt **251 Mark** nur **170 Mark**.

Band XIII. 1890. 25 M., Band XIV. 1891. 22 M., Band XV. 1892. 23 M.

Die **Kultur der Getreidearten**

mit Rücksicht auf Erfahrung und Wissenschaft.

Von

Dr. Ewald Wollny,

o. ö. Professor der Landwirtschaft an der Königl. bayer. technischen Hochschule in München.

2. Ausgabe. Mit 19 Holzschnitten. gr. 8°. brosch. Preis 5 Mark.

Lehrbuch der Agrikulturchemie

in vierzig Vorlesungen

zum Gebrauch an Universitäten und höheren landwirthschaftlichen
Lehranstalten sowie zum Selbststudium

von

Dr. Adolf Mayer,

Professor und Vorstand der Holl. Reichsversuchsstation in Wageningen.

Mit Holzschnitten und zwei lithographirten Tafeln.

Dritte verbesserte Auflage.

Lex.-8°. brosch. M. 18.—, in Lwd. geb. M. 19.60.

C. F. Winter'sche Buchdruckerei.



Hilgard, E. W.,

Ueber den Einfluss des Klimas auf die Bildung und Zusammensetzung des
Bodens nach einem an das Meteorologische Bureau des Ackerbauministeriums
der Ver. Staaten gerichteten Bericht

Heidelberg 1893

Oecon. 857 yc

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11660962-7